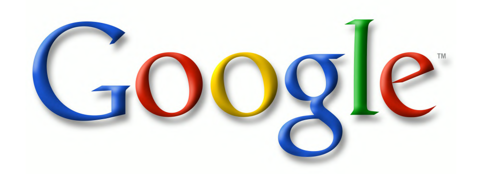
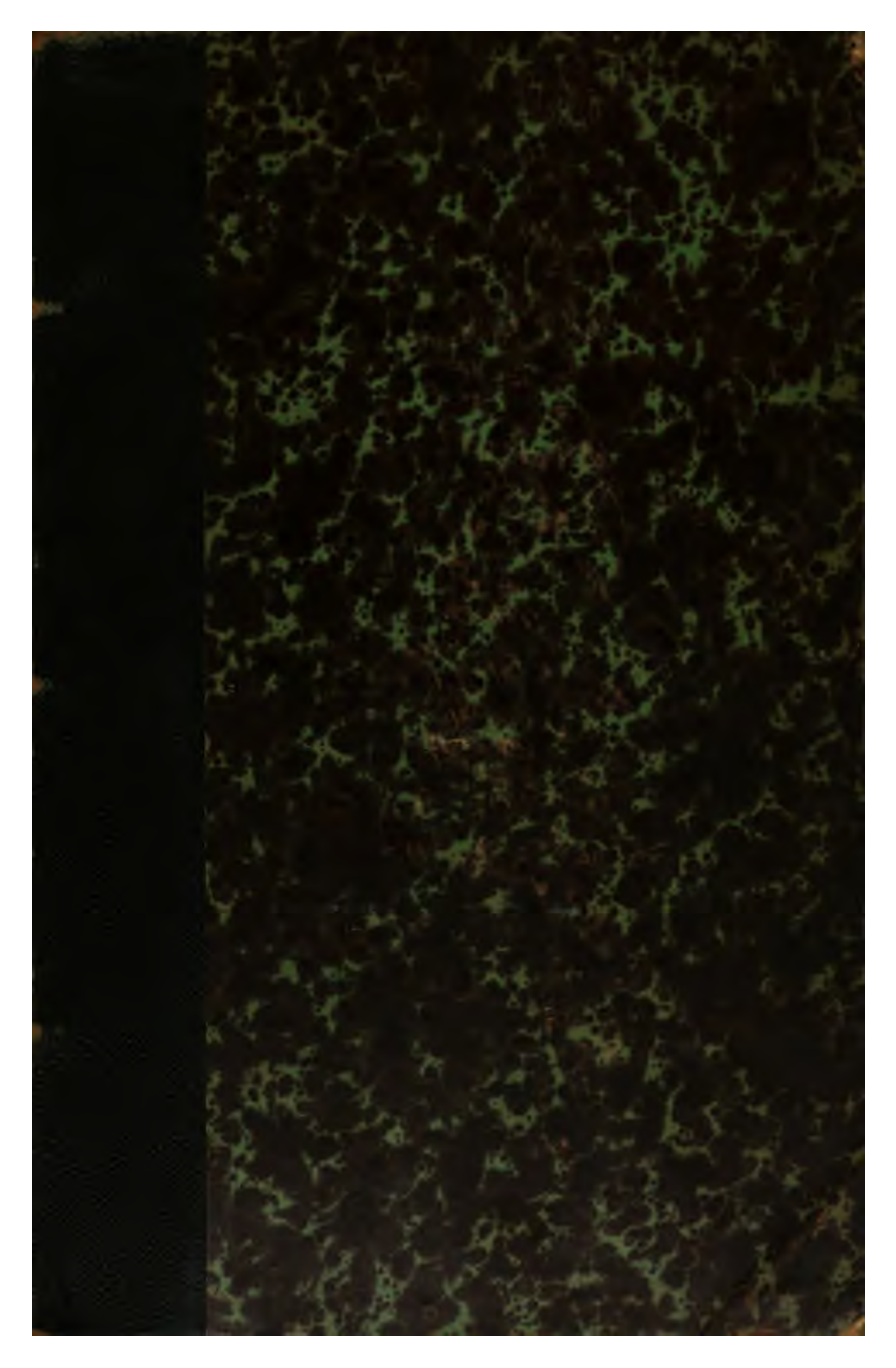






FOUNDED 1852
SICUT PATRIBUS SIT DEUS NOBIS
BOSTONIA
CONDITA A.D. 1630.
CIVITATIS REGIMINE DONATA A.D. 1822.
BOSTON PUBLIC LIBRARY

ARCHIV

FÜR DIE GESAMMTE

PHYSIOLOGIE

DES MENSCHEN UND DER THIERE.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. E. F. W. PFLÜGER,

ORD. ÖFFENTL. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT
UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTES ZU BONN.

ACHTZEHNTER BAND.

MIT 12 TAFELN UND 7 HOLZSCHNITTEN.

BONN, 1878.

VERLAG VON EMIL STRAUSS.

Inhalt.

Neue Untersuchungen über die mikroskopischen Vorgänge bei der Muskelcontraktion.

Von

Th. W. Engelmann.

Hierzu Tafel I.

Wenn man fragt, welcher sichere thatsächliche Gewinn der Wissenschaft aus den zahlreichen neueren mikroskopischen Untersuchungen über den Contraktionsvorgang in der quergestreiften Muskelfaser erwachsen ist, so möchte man fast versucht sein zu antworten: keiner. Wirklich wüsste ich nicht eine neuere Beobachtung, die sich unbestrittenes Bürgerrecht erworben hätte. Allgemein wie die Ueberzeugung, dass es sich hier um eins der schwierigsten Probleme mikroskopischer Forschung handelt, ist das Misstrauen, mit dem jeder Versuch zur Lösung desselben empfangen wird.

Wer der Sache ferner steht, sein Urtheil nicht auf eigene Untersuchungen zu stützen vermag, wird nicht wohl anders können, als diesen Zustand für sehr natürlich, wo nicht gar für unabänderlich zu halten. Dennoch ist es meine feste Ueberzeugung, dass eine Aenderung desselben sehr wohl möglich ist. Denn es handelt sich hier in der That, wie sich objektiv nachweisen lässt, um Dinge, die zum grossen Theil noch weit innerhalb des Bereiches völlig sicherer sinnlicher Wahrnehmung liegen. Eine Reihe der wichtigsten Thatsachen, die bisher noch immer nicht allgemein anerkannt werden, gehören zu den am allerleichtesten zu demonstrirenden, in meinen Augen unerschütterlichsten Thatsachen der Histiologie.

Diesen Thatsachen ihr wohlverdientes Bürgerrecht zu verschaffen, die Ueberzeugung bei meinen Fachgenossen allgemein zu befestigen, dass hier wirklich in sehr vielen wichtigen Fragen der Grad der Gewissheit erreicht werden kann, welcher überhaupt

bei mikroskopischen Beobachtungen erreichbar ist, das Misstrauen zu zerstören, mit dem ohne Unterschied allen histiologischen Angaben über die contrahirte Muskelfaser begegnet wird, dazu sollen die folgenden Zeilen dienen.

Das herrschende Misstrauen nährt sich, wie ich glaube vornehmlich aus zwei Quellen. Einmal aus dem Zweifel, ob die bei der mikroskopischen Untersuchung des Contraktionsvorgangs jetzt allgemein befolgte Methode — Fixiren von Contraktionswellen durch Osmiumsäure, Alkohol u. s. w. — wirklich wie behauptet wird, im Wesentlichen unveränderte Bilder des normalen Vorganges liefere. Zweitens aus den zahlreichen Widersprüchen, in welchen sich die einzelnen Beobachter selbst da befinden, wo sie nach gleicher Methode am gleichen Objekt arbeiteten.

Was das erste Bedenken betrifft, so erscheint es ohne Zweifel von vornherein völlig berechtigt. Wenn man weiss, wie schwierig es ist schon die ruhende Muskelsubstanz mit Erhaltung ihres normalen Aussehens zu tödten, so möchte man die Aufgabe den flüchtigen Vorgang der Zuckung unverändert zu fixiren für fast unlösbar halten. Und sicher ist diese Aufgabe in ihrem vollen Umfange auch nicht lösbar. Aber innerhalb gewisser und zwar ziemlich weiter Grenzen ist sie dies sicher, wie ich früher [1]) schon, nur wie es scheint nicht nachdrücklich genug, zu zeigen bemüht war und darum jetzt aufs Neue nachweisen werde. Es kommt nur darauf an jene Grenzen festzustellen.

Dazu nun ist es vor Allem unbedingt nöthig, die Erscheinungen am lebenden Objekt selbst möglichst genau zu untersuchen. Je mehr dann die nach der üblichen Methode von erhärteten Präparaten erhaltenen Bilder mit denen des lebendigen Zustandes übereinstimmen, um so mehr Vertrauen werden sie verdienen. Indem wir diesen Weg verfolgen, wird sich denn auch von selbst Gelegenheit geben, die Bedenken zu discutiren und wie ich hoffe zu heben, welche sich aus den Widersprüchen zwischen den Angaben der einzelnen Beobachter herleiten.

Eine neue, sorgfältige Untersuchung des Contraktionsvorganges an der lebendigen Faser muss doppelt zeitgemäss erscheinen, als die Beobachtung des lebenden Objektes neuerdings ganz in den Hintergrund gedrängt worden ist. Die Schwierig-

---

1) Dies Archiv Bd. VII. 1873. S. 155 ff.

keiten, mit denen man hier zu kämpfen hat, sind freilich nicht gering. Ich brauche sie nicht aufzuzählen: sie sind oft beschrieben, und Jeder, der sich mit dem Gegenstand beschäftigt, lernt sie bald genug aus eigener Erfahrung kennen. Aber man geht zu weit, wenn man sie der Hauptsache nach für unüberwindlich hält. Ich kann nicht anders glauben, als dass man in diesem Falle in der Wahl der Untersuchungsobjekte nicht glücklich gewesen ist.

Schon in meiner ersten Abhandlung habe ich erwähnt, dass sich an gewissen lebenden Objekten, ganz besonders an den quergestreiften Muskeln des Fliegendarmes, speciell des zwischen der Einmündungsstelle der Malpighi'schen Gefässe und dem Rectum liegenden Darmabschnittes, eine Reihe der wichtigsten Vorgänge mit völliger Sicherheit feststellen lassen. Seit jener Zeit habe ich, zum Theil mit verbesserten Hülfsmitteln, sowohl an den alten Objekten wie an neuen die Untersuchung wiederholt und fortgesetzt. Bessere und namentlich leichter zugängliche Objekte zu finden ist mir dabei nun zwar bisher nicht geglückt und ich kann darum nichts Anderes thun, als die Fachgenossen nochmals auf jene Objekte aufmerksam zu machen und so treu wie möglich darzustellen was ich an denselben gesehen habe. Auch dies aber wird, hoffe ich, schon einigen Werth haben. Um jedoch unnöthige Wiederholungen zu vermeiden, werde ich mich im Folgenden auf solche Thatsachen beschränken, welche noch nicht allgemein anerkannt sind und gleichwohl meiner Ueberzeugung nach am lebenden Objekt mit absoluter Sicherheit festgestellt werden können.

Diese Thatsachen sind die folgenden:

1) Wenn die Verkürzung eine gewisse Höhe überschreitet, wird die Querstreifung für die Betrachtung im gewöhnlichen Lichte undeutlicher, mitunter bis zum völligen Verschwinden: Ausbildung des homogenen oder Uebergangsstadiums.

Diese Thatsache ist nicht nur an den Fasern des Fliegendarms, sondern auch an andern Insektenmuskeln (Mückenlarven, Beine durchsichtiger Wasserspinnen, Hydrophilus, Geotrupes) so leicht zu bestätigen, dass ich gar nicht bei ihr verweilen würde, wenn nicht Ranvier[1]) neuerdings auf Grund von Beobachtungen

1) Ranvier, du spectre musculaire. Compt. rend. 1. Juin 1874. — Traité technique d'histologie. Paris. 1875. S. 519.

an seinem Myospectroskop das Vorkommen eines homogenen Stadiums während der lebendigen Contraktion bezweifelt hätte.

Es ist aber leicht zu zeigen, dass die Beobachtung, auf welche Ranvier seinen Einwurf gründet, das Fortbestehen nämlich der vom Muskel gelieferten Spektra während der verschiedensten Grade der Erregung, keine Beweiskraft haben kann. Bei der Versuchseinrichtung, welche Ranvier's Apparat mit sich bringt, ist nicht entfernt daran zu denken, dass alle oder auch nur ein grosser Theil der den Spalt verdeckenden Faserabschnitte, sich gleichzeitig im nämlichen Stadium der Verkürzung, also beispielsweise im Uebergangsstadium sollten befunden haben. Sehr viele Fasern werden voraussichtlich überhaupt in Ruhe geblieben sein, manche nur schwach, andere stark gezuckt haben. Mit höchster Wahrscheinlichkeit auch darf man vermuthen, dass der durchschnittliche Betrag der Verkürzung niemals so gross war als zur Herbeiführung des Uebergangsstadiums erforderlich ist. Dieses setzte zu seiner vollen Ausbildung bei allen von mir darauf untersuchten Muskeln eine Verkürzung auf fast die halbe Ruhelänge voraus.

Nur einen einzigen Fall kenne ich, in welchem die lebende Faser auch bei sonst genügendem Betrag der Verkürzung sehr deutlich quergestreift bleibt. Er tritt dann ein, wenn die Nebenscheiben schon in der ruhenden Faser dunkler als die Querscheiben sind. Auf dieses Vorkommen, welches bei Insekten gar nicht selten ist und bei oberflächlicher Untersuchung zu den gefährlichsten Verwechselungen führen kann, habe ich bereits früher aufmerksam gemacht [1]). Derartige Fasern, während der Zusammenziehung durch Osmiumsäure oder Alkohol zur Erstarrung gebracht, zeigen im Wesentlichen das Aussehen von Fig. V auf Taf. I.

Selbstverständlich nun kommen zwischen den beiden Extremen Uebergänge vor, wie denn auch im einzelnen Falle der Grad des Sichtbarbleibens der Querstreifung von Nebenumständen, wie Art und Stärke der Beleuchtung, Stärke der angewandten Vergrösserung, Dicke der Muskelfaser, Dauer der Contraktion u. s. w. abhängt. Soviel aber ist sicher, dass bei Fasern, welche in der Ruhe die gewöhnlichen Helligkeitsunterschiede der einzelnen Schichten zeigen, die Querstreifung undeutlicher, ja unkenntlich wird, sobald die Zusammenziehung den oben angegebenen Betrag erreicht.

1) a. a. O. S. 41.

2) **Das Undeutlichwerden der Querstreifung im Uebergangsstadium beruht wesentlich auf einer Abnahme des Helligkeitsunterschiedes bez. des Unterschiedes im Lichtbrechungsvermögen von Haupt- und Zwischensubstanz.**

Auch diese Thatsache lässt sich ganz unzweifelhaft durch Beobachtung der lebenden Faser feststellen, obschon ihre Ermittelung etwas mehr Mühe kostet. Wiederum empfehle ich die Fasern des Fliegendarmes. Unter einer grösseren Zahl von Präparaten darf man sicher sein einzelnen Fasern zu begegnen, welche bei günstigster Lagerung so kräftige und dabei so langsam verlaufende Contraktionswellen zeigen, dass kein Zweifel über die Ursache des Undeutlichwerdens der Querstreifung bleiben kann.

Es ist behauptet worden, dass die Querstreifung darum undeutlich werde, weil die verschieden lichtbrechenden Schichten zu dicht aneinanderrückten. Eine solche Erklärung ist aber ganz unzulässig in Anbetracht der ansehnlichen absoluten Höhe, welche die Muskelfaser von Musca, übrigens auch vieler anderer Arthropodenmuskeln, beim Verschwinden der Querstreifung noch zeigen (durchschnittlich bei Musca etwa 0.004 mm). Bei niedrigeren Graden der Verkürzung, im Anfangsstadium, sieht man in der That nichts weiter als ein Zusammenrücken der Querstreifen. Aber noch bevor der Anschein der Berührung und damit des optischen Verschmelzens eintreten könnte, verschwinden sie fast plötzlich. Der optische Eindruck des Vorganges ist durchaus eigenthümlich.

Runzelungen des Sarkolemms, welche bei hohen Graden der Verkürzung und namentlich bei im Absterben weit geförderten Fasern leicht eintreten, sind zuverlässig auch nicht die Ursache der Erscheinung. Zu häufig habe ich die Querstreifen erblassen, ja verschwinden sehen, ohne dass auch nur die geringste Faltung des Sarkolemms am Faserrande zu bemerken gewesen wäre.

Ebenso wenig kann eine Verschiebung der Faser aus dem Fokus, an die man allenfalls noch denken könnte, zur Erklärung in Anwendung kommen. Häufig findet eine solche Verschiebung gar nicht merklich statt, namentlich nicht wenn das Präparat vom Deckglas gedrückt wird. Wo sie aber etwa in störender Weise vorhanden ist, hat man meist, bei sehr langsam fortschreitenden Contraktionswellen fast immer, Zeit sie mittelst der Mikrometerschraube zu compensiren. Wie man dann auch einstellen möge,

die Querstreifung verschwindet für einen Augenblick, während die Welle vorbeiläuft.

3) Bei sehr hohem Betrage der Verkürzung (50 % und mehr) tritt wieder deutliche Querstreifung auf: Umkehrungsstadium.

Diese Thatsache lässt sich am Fliegendarm und andern Präparaten so leicht beobachten, dass höchstens über ihre Deutung Meinungsverschiedenheiten bestehen können. Die Faser kann bei genügendem Betrag der Verkürzung (60 % und darüber) viel deutlicher und dunkler quergestreift erscheinen als jemals im erschlafften Zustand. Das Auftreten der Streifung frappirt um so mehr als unmittelbar zuvor die Faser ganz gleichmässig luftbrechend auszusehen pflegt.

4) Die dunklen Streifen des Umkehrungsstadiums entstehen infolge des Dunkel- bez. Starklichtbrechendwerdens der der Zwischenscheibe benachbarten Schichten.

Auch diese Thatsache ist nicht eben schwer festzustellen. Ein sehr bequemes Mittel dazu liefern die bei starker Verkürzung so oft auftretenden Querrunzeln des Sarkolemms. Die eingezogenen Stellen derselben entsprechen bekanntlich ihrer Lage nach der Zwischensubstanz, die hervorgewölbten der Hauptsubstanz. Bei Fixirung einer Faser im Profil ist nun oft mit aller nur wünschenswerthen Deutlichkeit zu sehen, dass die dunkeln Streifen den Vertiefungen entsprechen. — Sehr instruktiv ist auch die Beobachtung solcher Fälle, in denen die stark lichtbrechende Zwischenscheibe während des Uebergangsstadiums nicht völlig unkenntlich wird. Hier entsteht dann auf dem Gipfel der Zusammenziehung der Eindruck, als ob die Zwischenscheibe auf einmal dicker und dunkler werde.

Unbegreiflicherweise hat man die dunkeln Streifen des Umkehrungsstadiums für nichts Weiteres als den optischen Ausdruck von Querwurzeln des Sarkolemms erklärt. Eine solche Behauptung widerlegte sich einmal durch die schon früher[1]) von mir ausdrücklich und in gleicher Absicht hervorgehobene, seitdem mehrmals aufs Unzweideutigste bestätigte Thatsache, dass die Streifung erscheinen kann auch ohne dass das Sarkolemm eine Spur von Runzeln zeigt. Zweitens dadurch, dass Querrunzeln, auch wenn

1) a. a. O. S. 170.

sie sehr stark entwickelt sind, niemals das Bild so dunkler Querstreifen hervorrufen, wie sie im Umkehrungsstadium sehr häufig beobachtet werden. Drittens dadurch, dass die von Runzeln herrührende Querstreifung bei geringer Aenderung im Stand des Fokus undeutlich wird, bezüglich verschwindet, während die dem Umkehrungsstadium eigene Querstreifung deutlich bleibt, wenn man den Fokus durch die ganze Dicke der Faser hin durchwandern lässt. Speciell ist sie bei Einstellung auf die Mitte der Faserdicke (optischer Längsschnitt), wobei von Runzeln herrührende Querstreifen ganz verschwunden zu sein pflegen, ausnahmslos äusserst deutlich.

Zum Ueberfluss lehrt dann die Untersuchung in Alkohol, Osmium- oder Salicylsäure [1]) erhärteter Präparate, dass auch an einzelnen abgespaltenen Fibrillenbündelchen die Umkehrung ebenso deutlich wie an der unverletzten Faser erkannt werden kann. Und sehr richtig hat Léon Fredericq [2]) gegen jenen Erklärungsversuch noch eingewendet, dass Krebsmuskelfasern, deren Sarkolemm keine Runzelung erleidet, weil dasselbe von den Zwischenscheiben durch einen dicken Protoplasmamantel getrennt ist, doch das normale Bild des Umkehrungsstadiums zeigen.

Selbstverständlich soll hiermit nicht behauptet sein, dass Querfalten des Sarkolemms nicht unter besonderen Umständen zur Entstehung des Bildes der Umkehrung etwas beitragen können.

5) Im Umkehrungsstadium sind die Querscheiben heller (schwächer lichtbrechend) als in der Ruhe.

Zur Feststellung dieser Thatsache muss man sich ausschliesslich an Faserabschnitte halten, welche genau horizontal gelagert sind und während der Zusammenziehung auch horizontal bleiben. Weiter ist, um die Helligkeitsunterschiede recht deutlich hervortreten zu lassen, Anwendung rein centraler Beleuchtung (enges Diaphragma) sehr erwünscht. Sind diese Bedingungen erfüllt und hält man nun beim Herannahen einer Welle seine Aufmerksamkeit auf die Mitte eines oder einiger Fächer fixirt, so bemerkt man ganz unzweideutig, dass diese Mitte während des Umkehrungsstadiums beträchtlich heller erscheint als zuvor.

---

1) Vgl. Nasse, Zur mikroskopischen Untersuchung des quergestreiften Muskels. Dies Archiv. Bd. XVII. 1878. S. 282.

2) Léon Fredericq, Génération et structure du tissu musculaire. Mémoire couronné. Bruxelles. 1875. S. 50.

Dass hier nicht eine Täuschung vorliegt durch den Contrast mit den plötzlich neu auftretenden dunklen Querstreifen, lehrt die Vergleichung mit den Querscheiben unmittelbar benachbarter ruhender Fasern. Im Ruhezustand sind die Querscheiben zweier nebeneinander verlaufender Circularfasern des Fliegendarms nicht merkbar verschieden von Helligkeit und, wie ja überhaupt die Regel, dunkler als die isotropen Scheiben. Sobald aber in einer der Fasern eine starke Welle hinläuft, scheinen die im Umkehrungsstadium befindlichen Muskelfächer zwischen den dunklen Streifen soviel heller als die Querscheiben der benachbarten ruhig gebliebenen Fasern, dass sie sogar den isotropen Schichten der letzteren an Helligkeit nicht nachzustehen scheinen.

Die Beobachtung ist um so sicherer, als die Verdickung der Faser bei der Zusammenziehung im entgegengesetzten Sinne wirken muss.

6) Bei Untersuchung zwischen gekreuzten Nikols erscheinen die Fasern in jedem Stadium der Verkürzung deutlich quergestreift.

Bei der Wichtigkeit dieser Thatsache für die Auffassung des Contraktionsvorganges habe ich ihr ganz besondere Aufmerksamkeit geschenkt, um so mehr als ihre Richtigkeit — allerdings auf Grund todter Präparate — von einigen Seiten bestritten und behauptet worden ist, dass im Uebergangsstadium die ganze Faser gleichmässig doppelbrechend erscheine. Die Untersuchung am lebenden Objekt ist nicht ganz leicht, da begreiflicherweise zur Ermöglichung eines wirklich sicheren Resultats ziemlich viele Bedingungen gleichzeitig erfüllt sein müssen. An den Fasern des Fliegendarms konnte ich früher keine Sicherheit erlangen. Sie wirken wegen ihrer geringen Dicke nur schwach auf den polarisirten Lichtstrahl. Neuerdings habe ich gleichwohl mit einem ganz ausgezeichneten Polarisationsapparat von Zeiss unter Anwendung concentrirten Lampenlichts hinreichend deutliche Bilder erhalten.

Abwechselnd wurden die, meist in regelmässigen kurzen Intervallen, über eine bestimmte Faser ablaufenden Contraktionswellen bei parallelen und bei gekreuzten Nikols betrachtet. Trat das homogene Stadium im ersteren Falle sehr deutlich auf: im zweiten wurde nichts davon bemerkt. Man sah dann nur die dunkeln, der isotropen Substanz entsprechenden, Querbänder sich ver-

schmälern und dichter zusammenrücken, ohne dass sie auch nur einen Augenblick an Deutlichkeit verloren hätten.

Bequemer ist die Beobachtung an etwas dickeren sehr hochfächerigen Muskelfasern, z. B. von Hydrophilus. Immerhin darf die Dicke aber nur mässig sein, da man sonst (bei nicht genau vertikaler Lage der Scheiben) die optische Wirkung der einzelnen Schichten nicht rein erhält und speciell die isotrope Substanz hell erscheint vom Licht, das aus doppeltbrechenden Partien kommt. Wenn man sich jedoch nöthigenfalls das Anfertigen immer neuer Präparate nicht verdriessen lässt, so findet man schliesslich auch hier Objekte, welche den allerstrengsten Anforderungen genügen.

Hier gelingt es denn auch mit völliger Sicherheit die letzte Thatsache zu constatiren:

7) Die im gewöhnlichen Licht dunkel erscheinenden Querbänder des Umkehrungsstadiums bleiben auch zwischen gekreuzten Nikols dunkel.

Besonders überzeugende Bilder erhält man, wenn man das Gesichtsfeld nicht völlig verdunkelt, sondern nur soweit, dass die doppeltbrechenden Scheiben eben einen deutlichen weissen Schimmer zu zeigen anfangen, die Faser aber übrigens noch denselben Eindruck macht wie im gewöhnlichen durchfallenden Lichte. Das Bestehenbleiben der Querstreifung im „homogenen“ Stadium ist dann gleichfalls sehr hübsch zu sehen. — Auch mit Hilfe empfindlicher Gypsplättchen erhielt ich ganz überzeugende Bilder.

Hat man lebende Fasern mit Nebenscheiben, die im Ruhestand dunkler sind als die Querscheiben, so ist es noch viel leichter sich zu überzeugen, dass isotrope und anisotrope Scheiben in allen Phasen der Verkürzung deutlich unterscheidbar und beide an ihrem Orte bleiben. Hier ist natürlich auch bei Untersuchung im gewöhnlichen Lichte von einem Uebergangs- und Umkehrungsstadium nicht die Rede. Die Helligkeitsverhältnisse bleiben in allen Phasen qualitativ dieselben. Man muss die Phase nach dem Betrag der Verkürzung beurtheilen.

Dies nun wären wohl die wichtigsten unter den nicht allgemein anerkannten Thatsachen, welche sich meiner Ueberzeugung nach schon an der lebenden Muskelfaser mit voller Sicherheit nachweisen lassen. Es fragt sich jetzt, ob auch die üblichen Ver-

fahren zur Fixirung von Contraktionswellen diese Thatsachen zu bestätigen gestatten. Hierüber nun, dass dies wirklich der Fall sei, kann wie ich meine nicht der geringste Zweifel bestehen, ja **ich kenne augenblicklich kaum eine leichtere histologische Aufgabe als die Demonstration dieser Wahrheit.**

Wenn über das Bild fixirter Contraktionswellen in einigen Punkten bisher noch Meinungsverschiedenheiten bestehen, so ist dies zum weitaus grössten Theile Schuld der Untersuchungsobjekte. Weder die Muskeln von Hydrophilus, noch die des Flusskrebses, welche augenblicklich bevorzugt werden, entsprechen den höchsten Anforderungen. Sie sind, von ganz vereinzelten Fällen abgesehen, vor Allem zu dick. Die künstliche Spaltung in Fibrillenbündel, welche man namentlich zum Zweck der Untersuchung im polarisirten Licht bei ihnen vornehmen muss, gelingt nicht immer in erwünschter Weise; gerade an den contrahirten Stellen haften, wie Nasse[1]) kürzlich mit Recht hervorgehoben hat, die Fibrillen am festesten aneinander. Dass nicht doch an diesen Objekten alle wesentlichen Thatsachen sicher beobachtet werden können, bestreite ich natürlich keineswegs. Ich bestreite nur, dass es bei ihnen leicht möglich ist in jeder Hinsicht wirklich beweisende Präparate zu erhalten. Und dies gilt ebenso von fast allen anderen Arthropodenmuskeln, von denen ich beiläufig über Hundert, den verschiedensten Klassen und Familien angehörige Arten ausdrücklich auf diesen Punkt hin genau untersucht habe. Die Fasern der Wirbelthiere kommen wegen zu enger Querstreifung selbstverständlich nicht in Betracht.

Mir ist bisher nur ein einziges Objekt bekannt geworden, an dem sich alle oben aufgezählten Erscheinungen jederzeit ohne die geringste Mühe und in völliger Klarheit nachweisen lassen. Dies sind die schon früher von mir empfohlenen Hautmuskeln von Telephorus melanurus. Nochmals empfehle ich diesen Käfer aufs Allerdringendste. Für diejenigen meiner Fachgenossen, welche ihn nicht kennen und selbst zu suchen wünschen, diene die Abbildung Fig. VIII Taf. I (natürl. Grösse), mit der Bemerkung, dass Kopf, Brustschild, Beine und Flügeldecken (letztere mit Ausnahme der schwarzen Spitzen) hellbraungelb, der Hinterleib gelblich gefärbt ist und dass das Thier im Sommer, schon von Anfang Juni

---

1) a. a. O. S. 288.

an, fast überall in Mitteleuropa auf Wiesen und Gesträuchen, namentlich auf Gräsern und Doldengewächsen, gemein, in sehr vielen Gegenden geradezu der gemeinste Käfer ist.

Was die Hautmuskeln dieses Thiers zu so ausgesuchten Objekten macht, sind wesentlich folgende Umstände. Die Breite der Querstreifen erreicht hier den grössten überhaupt beobachteten Werth, die Fasern sind dünn (0.01—0.06 mm), die dickeren unter ihnen meist platt, die dünnsten meist cylindrisch, was u. A. für die Untersuchung der Polarisationserscheinungen vom grössten Vortheil. Sie sind äusserst leicht ohne Verletzung isolirbar, können übrigens, auch ohne von ihren Befestigungsstellen losgelöst zu sein, bequem untersucht werden. Stets findet man bei ihnen, nach dem Tödten der Thiere durch Einwerfen in Osmiumsäure von 0.5—1 %, Alkohol von 50—70 % oder concentrirte Salicylsäure, eine Auswahl der schönsten Contraktionswellen.

Die Präparation nehme ich gewöhnlich in der Weise vor, dass ich, nach stattgehabter genügender Erhärtung in den erwähnten Flüssigkeiten, die Rücken- oder Bauchwand des Abdomens in der Länge von etwa 4 bis 5 Segmenten mit einem flachen Scheerenschnitt abtrage, die Innenfläche des abgetragenen Stückes unter dünnem Alkohol oder verdünntem Glycerin mit einem weichen feinen Pinsel vorsichtig von den daran hängen gebliebenen, die Hautmuskeln verdeckenden Theilen des Leibesinhalts (Fettkörper, Tracheen u. s. w.) befreie. Der Schnitt wird nun bei schwacher Vergrösserung (40—80 mal) durchmustert, wobei sofort die dünnen Hautmuskelschichten auf der Innenfläche der Leibeswand ins Auge fallen, danach eventuell nochmals, am Besten unterm einfachen Mikroskop mit dem Pinsel oder mit einer Nadel von störenden Resten des Leibesinhalts befreit und nun, entweder mit feiner Scheere in den einzelnen Segmenten entsprechende Stücke zerschnitten oder als Ganzes, wenn man will, nach vorheriger Färbung in Hämatoxylin, Eosin, Pikrocarmin oder dgl., entweder in glycerinhaltiges Wasser oder nacheinander in starken Alkohol, Terpentinöl und Canadabalsam übertragen. Hierin wird dann unterm einfachen Mikroskop die Isolirung der einzelnen locker nebeneinander liegenden Fasern mit äusserst fein zugespitzten Stahlnadeln vorgenommen, was nicht die geringsten Schwierigkeiten macht. Uebrigens bekommt man auch ohne Isolirung, einfach indem man die Hautstücke als Ganzes unters Mikroskop bringt, leicht einige Fasern

mit Contraktionswellen in einer für alle Zwecke völlig genügenden Weise zur Ansicht.

Gleichviel nun welche der angeführten Flüssigkeiten man zur Tödtung der Thiere angewendet hat: die oben an der lebenden Faser festgestellten Thatsachen zeigen sich gleichfalls und in allen Fällen in wesentlich übereinstimmender Weise. Es darf also nicht daran gezweifelt werden, dass die üblichen Fixirungsmethoden innerhalb weiter Grenzen zuverlässige Bilder des physiologischen Vorganges liefern. Natürlich bestehen für jedes der angewandten Reagentien kleine Eigenthümlichkeiten, welche zwar untergeordneter Art, aber gerade deshalb wichtig sind, weil sie die Differenzen zwischen den Angaben verschiedener Beobachter mit erklären helfen. Sie betreffen, was hier gleich gesagt werden soll, fast ausschliesslich das Verhalten der Fasern im gewöhnlichen Lichte. Im polarisirten zeigen die nach den verschiedenen Verfahren fixirten Wellen eine so gut wie absolute Uebereinstimmung, und nicht Eine Erscheinung, welche in Streit wäre mit dem, was sich an der lebenden Faser während der Contraktion beobachten lässt.

Die durch Osmiumsäure passender Stärke erhaltenen Bilder stimmen im Verhalten gegen gewöhnliches durchfallendes Licht mit denen der lebendigen Fasern, von der Färbung abgesehen, in der Regel am meisten überein. Am leichtesten lehrt das die Betrachtung ruhender oder nur schwach contrahirter Stellen. Die Helligkeitsverhältnisse der einzelnen Lagen sind hier häufig nicht merkbar verändert. Speciell ist das Aussehen der Nebenscheiben und der Querscheiben fast immer ganz oder nahezu das Normale. Erstere erscheinen dementsprechend viel schwächer lichtbrechend, matter, zarter begrenzt als letztere und namentlich auch als die Zwischenscheiben, denen sie ziemlich dicht anliegen. Hierin unterscheiden sich die Osmiumpräparate gewöhnlich ziemlich auffallend von den Alkoholobjekten, bei denen sowohl die Querscheiben als namentlich auch die Nebenscheiben stärker lichtbrechend als in der Norm, oft sogar gleichstark brechend zu sein pflegen. Auch ist der Raum zwischen Neben- und Zwischenscheibe verhältnissmässig höher. Aehnliches beobachtet man auch an Salicylsäure-Präparaten nicht selten. Bei diesen ist ausserdem die fibrilläre Zerklüftung besonders stark ausgesprochen, wie Nasse zuerst gezeigt hat.

Im Allgemeinen nun unterscheidet man an allen Fasern, welche genügend kräftige und vollständige Contraktionswellen bergen,

leicht und schon bei 80—100-maliger Vergrösserung die drei an der lebenden Faser unterschiedenen Stadien: des Anfangs, des Uebergangs und der Umkehrung. Das Umkehrungsstadium fehlt nie wenn die Verkürzung etwa 50% erreicht oder überschreitet; das Uebergangsstadium setzt Verkürzungen von wenigstens 25—30% voraus. Letzteres fehlt zudem auch bei sehr viel höherem, bis zur Umkehrung gehenden Betrag der Verkürzung, oder ist doch nur angedeutet, wenn die Welle sehr kurz, nur über wenige Fächer ausgedehnt ist. So beispielsweise in dem in Fig. 4 abgebildeten Falle (Osmiumpräparat). Je länger die Welle, um so auffälliger ist es entwickelt. Es kann dann, wie andererseits auch Anfangs- und Umkehrungsstadium, die ganze Länge der Faser einnehmen. Letztere Zustände entsprechen insofern am meisten den normalen Verhältnissen, als hier die Welle fixirt wurde während ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit noch bedeutend war. Am bequemsten für die Untersuchung, jedenfalls am geeignetsten für einen Ueberblick, sind Fälle wie der in Fig. II und der in meiner früheren Arbeit (Taf. III) abgebildete, wo vom Anfang bis zum Gipfel der Welle etwa ein Dutzend Fächer gezählt werden.

Ganz ausserordentlich lehrreich für die Erkenntniss der Veränderungen, welche die Struktur der Faser bei der Zusammenziehung erleidet, sind auch ungleichseitig verlaufende Contraktionswellen, speciell dann, wenn der Unterschied im Betrag der Verkürzung an den gegenüberliegenden Seiten desselben Querschnittes sehr bedeutend ist. Derartige Fälle kommen bei Telephorus nicht gerade selten vor.

Fig. VI ist möglichst genau nach einem solchen Falle copirt. Sie stammt von einer in Alkohol von 50% erhärteten, in Balsam eingebetteten Faser. Die drei abgebildeten Fächer befinden sich in von rechts nach links steigender Verkürzung. Dabei ist das obere überhaupt am schwächsten, das untere am stärksten zusammengezogen. Ersteres zeigt rechts das Bild des Anfangsstadiums, links oben das homogene, links unten das Umkehrungsstadium; das mittlere Fach oben rechts das Anfangsstadium, nach links allmählich ins Uebergangs- und Umkehrungsstadium sich fortsetzend, unten rechts einen dem zweiten Stadium unmittelbar vorausgehenden, nach links in dieses und weiterhin in das dritte Stadium übergehenden Zustand. Im untern Fach beginnen Umkehrungs- und homogenes Stadium noch weiter rechts.

Das Bild stimmt in der Hauptsache sehr gut mit dem von Fredericq[1]) auf Grund seiner Untersuchungen an Hydrophilus construirten Schema, sowie auch ziemlich mit einer von Merkel[2]) gegebenen bildlichen Darstellung überein.

Ausnahmsweise kommen unter den erhärteten ebenso wie unter den lebenden Fasern (s. oben) Fälle vor, in welchen die isotropen Schichten, speciell die Nebenscheiben schon im Ruhezustand dunkler als die Querscheiben sind. Hier ist dann, wie Fig. V von einem Alkoholpräparat zeigt, von einem homogenen Stadium nichts wahrzunehmen. Die Faser erscheint auf allen Stufen der Verkürzung schon im gewöhnlichen durchfallenden Lichte deutlich quergestreift; es kann also auch nicht von einer Umkehrung geredet werden. Auch Uebergänge zwischen diesem und dem gewöhnlichen Bilde kommen an den erhärteten Präparaten hie und da vor.

Wie man sieht ist das homogene Aussehen der Faser kein absolutes Merkmal eines gewissen Verkürzungsgrades. Dagegen wird das für das Umkehrungsstadium beschriebene Bild ausnahmslos gefunden, wenn die Fächer auf etwa die halbe Ruhelänge oder noch weiter zusammengezogen sind.

Mit Rücksicht auf die erste und dritte der oben festgestellten Fundamentalthatsachen herrscht also zwischen den Bildern lebendiger und nach der üblichen Weise erhärteter Muskelfasern völlige Uebereinstimmung. Es fragt sich, ob dies auch mit Rücksicht auf die übrigen Thatsachen gilt.

Wir wollen zunächst, weil es sich hier um einfache, gröbere Verhältnisse handelt, das Verhalten der Querstreifung im polarisirten Licht untersuchen. Hier nun zeigt sich jene Uebereinstimmung an erster Stelle insofern, als alle erhärteten Fasern von Telephorus, welche überhaupt gut ausgebildete Wellen oder Wellenabschnitte zeigen, das Fortbestehen deutlicher Querstreifung auf allen Stufen der Verkürzung aufs Bequemste erkennen lassen. Die Querstreifung erscheint speciell im „homogenen" und Umkehrungsstadium mit nicht um ein Haar geringerer Schärfe als an den nicht contrahirten Stellen.

1) L. Fredericq, Note s. l. contract. des muscles etc. Bull. Acad. roy. Belg. 3 Mars 1876. Pl. IV. Fig. 3.

2) Archiv f. mikr. Anat. Bd. IX. Taf. XIV, Fig. 4.

Ich betone ausdrücklich, dass es sich hier nicht um Dinge handelt, die nur dann und wann an ausgesuchten Präparaten oder mit besonderen optischen Hilfsmitteln zur Anschauung gebracht werden können. Im Gegentheil: man wird bei Telephorus lange suchen können, ehe man eine Stelle findet, welche dieselben nicht ganz schlagend, schon bei schwacher Vergrösserung (150—200 Mal) und bei ganz gewöhnlicher Beleuchtung, zeigte.

Wiederum ist es völlig gleichgiltig, ob die Fasern in Alkohol, Osmium- oder Salicylsäure getödtet wurden, ob man sie in Glycerin oder Canadabalsam mit oder ohne vorherige (natürlich nicht zu dunkle) Färbung untersucht. Um wie grobe Verhältnisse es sich hier handelt zeigen die Figg. I—VI auf Taf. I. Dieselben sind, was die Helligkeitsverhältnisse und die Dimensionen der einzelnen Fächer und ihrer Schichten angeht, mit aller mir erreichbaren Treue gezeichnet. Jedes einzelne Fach wurde mit dem Okularmikrometer ausgemessen. Die linke Hälfte der Fasern ist in Fig. I—VI jedesmal so gezeichnet, wie sie im gewöhnlichen durchfallenden Lichte, die rechte so wie sie im polarisirten erschien. Fig. VI b stellt ebenso die 3 Fächer, welche VI a in gewöhnlichem Licht zeigt, bei gekreuzten Nikols dar. Fig. I und IV beziehen sich auf Präparate, die mit Osmiumsäure, II, IV und VI auf solche die mit Alkohol behandelt waren, Fig. III auf ein Salicylsäurepräparat.

Da noch immer von einigen Autoren im Anschluss an Merkel behauptet wird, dass die anisotrope Substanz sich im Uebergangsstadium bis an die Zwischenscheiben heranerstrecke, also den Raum des Muskelfaches ganz oder doch nahezu völlig erfülle, so betone ich, dass alle meine Präparate mit dieser Behauptung in Streit sind. Man übersehe doch die Bedeutung des Umstandes nicht, dass jene Vorstellung absolut unfähig ist die von mir erhaltenen Bilder zu erklären, während bei der meinigen eine Erklärung der gegnerischen Angaben sehr leicht ist!

Der Irrthum verdankt, wie ich überzeugt bin, wesentlich zwei Umständen seinen Ursprung. Einmal sind die untersuchten Fasern wegen zu grosser Dicke bei nicht genau vertikaler Lagerung der Fächer, zum Theil auch wohl wegen zu enger Querstreifung für genaue Untersuchung im polarisirten Licht nicht brauchbar gewesen. Dies ist beiläufig nicht bloss Vermuthung, sondern beruht theilweise auf direkter Kenntnissnahme der Objecte, auf welchen jene Angaben fussen. Jeder der genannten Umstände genügt offen-

bar um zu erklären, weshalb im homogenen Stadium die Faser gleichmässig doppelbrechend zu sein scheinen kann, auch wenn wirklich die einfach- und doppelbrechenden Schichten in regelmässiger Weise mit einander abwechseln.

Zweitens hat man sich sicherlich durch das Aussehen der Fasern im gewöhnlichen Lichte verleiten lassen. Dies ist allerdings häufig so verführerisch und scheinbar entscheidend, dass man die Anwendung des Polarisationsapparates entbehren zu können meint und sich dieselbe jedenfalls auch häufig erspart hat. Aber gerade hier feiert das Polarisationsmikroskop seine höchsten Triumphe, wie sich sogleich näher zeigen wird.

Ohne Zweifel ist das Bild, welches die Fasern im Uebergangsstadium im gewöhnlichen Lichte zeigen, das variabelste von allen, im Allgemeinen auch wegen der Abnahme aller Helligkeitsunterschiede das am Schwierigsten zu entziffernde. Deshalb laufen auch gerade hier die Darstellungen häufig auseinander. Auch bei Telephorus kann man je nach der Behandlungsart, dem angewandten Reagens, dem Zustand worin sich die Fasern beim Zutritt des letzteren befanden u. s. f., sehr verschiedene Bilder erhalten. Wegen der vortrefflichen Eigenthümlichkeiten des Objects hat es aber nicht die mindeste Schwierigkeit, von jedem derselben eine ganz klare Anschauung zu gewinnen.

Ich beschreibe zunächst die Osmiumsäurepräparate, weil sie, soweit ich sehe, die normalen Verhältnisse im Allgemeinen am Treuesten wiedergeben. Selbstverständlich muss man sich an schwach gefärbte Fasern halten. Bei stärkerer, bezüglich längerer Einwirkung der Säure werden die Fasern ganz gleichmässig schwarz und damit völlig undurchsichtig.

Zwei Typen von Bildern kann man unterscheiden, welche übrigens vielfach in einander übergehen. Vom ersten, welcher wie es scheint den normalen Verhältnissen am nächsten kommt und auch an Salicyl- und Alkoholpräparaten ab und zu auftritt, stellt Fig. I ein Beispiel dar. Sie stimmt in der Hauptsache mit der früher[1]) von mir gegebenen Abbildung überein. Im Anfangsstadium ist die Zwischenscheibe am dunkelsten, demnächst die Querscheiben. Die Nebenscheiben erscheinen ziemlich blass und von der Zwischenscheibe durch einen schmalen, von den Querscheiben durch einen

1) a. a. O. Taf. III, Fig. 1.

breiteren hellen Streifen getrennt. Mit zunehmender Verkürzung werden Zwischen- und Nebenscheiben dünner und legen sich dichter aneinander. Die Querscheiben werden blässer und zwar deutlich von der isotropen Substanz her, welche ihrerseits, zwar nur ein wenig, jedoch deutlich dunkler wird. Die Grenzen beider werden dadurch verwaschen. Es entsteht der Eindruck, als ob das der doppelbrechenden Substanz entsprechende dunkle Querband unter Verschwimmen seiner Grenzen mehr und mehr reducirt werde bis auf einen schmalen nebelhaften Strich in der Mitte des Faches, der bei wachsender Verkürzung schliesslich auch verschwindet. Die anisotrope Schicht ist dann sehr erheblich heller als im Ruhezustand. Zugleich erscheint daselbst der den vereinigten Zwischen- und Nebenscheiben entsprechende dunkle Streif etwas breiter und namentlich dunkler geworden als im vorhergehenden Stadium.

Soweit das Bild im gewöhnlichen durchfallenden Lichte. Das Polarisationsmikroskop zeigt in Fig. I nur ganz einfach, dass mit wachsender Verkürzung isotrope und anisotrope Scheiben in Höhe abnehmen, und zwar die isotrope im Allgemeinen und namentlich zu Anfang sehr viel schneller als die anisotrope. Auf dem Gipfel der Welle hat, bei einer Gesammtverkürzung der Fächer auf erheblich weniger als die Hälfte der anfänglichen Höhe, die isotrope Schicht nur noch etwa $^1/_7$, die anisotrope etwas weniger als die Hälfte ihrer anfänglichen Höhe.

Das Volum der Fächer, welches sich gut berechnen liess, da die Faser sich beim Rollen drehrund erwies, hat während der Contraktion nicht nachweislich abgenommen, woraus unmittelbar folgt, dass die anisotrope Schicht auf Kosten der isotropen sehr bedeutend an Masse zugenommen hat[1]).

Das Ganze der Erscheinungen in Fig. I zeigt gleichsam hand-

1) Zu demselben Resultat führten zahlreiche Messungen an andern möglichst drehrunden Fasern. Da manche Fasern schon in der Ruhe auf verschiedenen Punkten ihrer Länge ungleiche Dicke besitzen, erfordern die Volummessungen grosse Vorsicht. Es sind fast immer nur sehr platte Fasern, welche schon in der Ruhe wechselnden Querschnitt haben. Beiläufig sei hier bemerkt, dass Krause irrt, wenn er vermuthet (dies Archiv Bd. VII, S. 511), die von mir a. a. O. Taf. III abgebildete Faser sei stark abgeplattet gewesen. Sie war im Gegentheil, wie auch aus meiner Darstellung deutlich hervorgeht, sehr schön drehrund.

greiflich, dass es sich hier um ein allmähliches Aufquellen der anisotropen Substanz auf Kosten des Wassers der isotropen handelt.

Sehr gut stimmt zu Fig. I das von Fredericq auf Grund von Alkoholpräparaten von Hydrophilus construirte Schema (a. a. O. Fig. 3 und 4). Ganz besonders gilt das für die Darstellung des Verhaltens im polarisirten Lichte: das Fortbestehen der scharfen Trennung zwischen doppelt- und einfachbrechender Substanz in allen Stadien der Verkürzung, die ungleich schnelle Dickenabnahme beider Schichten sind in Fredericq's Schema genau wiedergegeben. Die Hauptabweichung zeigt Fredericq's Schema Fig. 3 (gewöhnliches Licht), wo die anisotrope Schicht zwischen Neben- und Querscheibe mit unveränderter Dicke und Helligkeit noch fortbesteht, nachdem die Nebenscheiben sich bereits mit der Zwischenscheibe zu einer scheinbar einfachen dünnen Membran vereinigt haben und die Gesammtverkürzung schon ganz beträchtlich ist. Ich finde die isotrope Schicht zwischen Quer- und Nebenscheibe fast immer schon merklich, wenn auch nicht allezeit erheblich dunkler geworden, auch bei Fasern die nur sehr schwach mit Osmiumsäure oder Hämatoxylin gefärbt sind. Höchst wahrscheinlich liegt der Grund der Abweichung (ausser im angewandten Reagens) wesentlich mit in der grösseren Dicke der von Fredericq benutzten Fasern (Hydrophilus). Mit wachsender Dicke der Fasern müssen, wie die Theorie lehrt und die Erfahrung bestätigt, die Helligkeitsunterschiede zwischen den einzelnen Lagen anfangs wachsen.

Der zweite Typus der Osmiumsäurebilder stimmt fast genau mit dem überein, der bei Alkohol- und auch bei Salicylsäurepräparaten (hier von der fibrillären Zerklüftung abgesehen) am häufigsten repräsentirt ist. Fig. IV (Osmiumsäure), II und VI (Alkohol) und III (Salicylsäure) geben Darstellungen desselben. Mit ihnen stimmt, wie hier gleich bemerkt sei, das von Nasse[1]) auf Grund von Salicylsäureobjecten entworfene Schema sehr genau überein.

Das Charakteristische liegt hier, bei Betrachtung im gewöhnlichen Lichte, darin, dass die Nebenscheiben zunächst mit den Querscheiben zu Einer Masse zu verschmelzen scheinen, indem die helle isotrope Lage zwischen ihnen (mit oder ohne gleichzeitige

1) a. a. O. S. 288.

Verdunklung) schmäler und schmäler, endlich unsichtbar wird. Man sieht hier förmlich die isotrope Substanz Schritt für Schritt von der anisotropen aufgezehrt werden. Dabei bleibt die isotrope Schicht zwischen Neben- und Zwischenscheibe zunächst in kaum merklich abnehmender Höhe und unveränderter Helligkeit sichtbar. So kann es kommen, dass bei nur erst mässiger Verkürzung die Faser äusserst breite dunkle Querbänder abwechselnd mit sehr schmalen hellen, von der dünnen dunkeln Zwischenscheibe getheilten Streifen zeigt [1]).

Gleichzeitig mit der gegenseitigen Annäherung der Quer- und Nebenscheiben beginnen erstere heller zu werden. Es bestätigt sich also, was die Untersuchung der lebenden Faser und der Bilder des ersten Typus lehrte. Oft sind die Querscheiben, wenn die Berührung mit den Nebenscheiben erfolgt, ganz merklich heller als diese, während sie doch zuvor dunkler waren (vgl. Taf. I IIIb, VIa, ferner dies Archiv Bd. VII, Taf. II Fig. 17 und Nasse's Schema). Nicht selten aber haben, wie schon erwähnt, beide im Moment der Berührung gleiches Lichtbrechungsvermögen. Sie färben sich dann auch durch Osmiumsäure, Hämatoxylin, Eosin u. s. f. ganz gleichmässig (s. Taf. I Fig. II e). Die Täuschung, als ob die doppelbrechende Substanz fast den ganzen Raum des Muskelfaches einnähme, ist dann am vollständigsten. Sie fällt aber sofort bei Anwendung des Polarisationsapparates. Die doppelbrechende Substanz erscheint dann sehr wesentlich schmäler als

1) Irrthümlich habe ich dies Bild früher für eine besondere Erscheinungsweise der ruhenden Muskelsubstanz gehalten (a. a. O. S. 50 und Taf. II Fig. 16 u. 17), obschon ich bereits die Uebergänge zwischen diesem und dem normalen Bild des Ruhestadiums an derselben Faser, sowie das Verhalten im polarisirten Lichte richtig beobachtet und abgebildet hatte (a. a. O. S. 50 u. 51, Taf. II Fig. 16—19). — Ich halte es für wichtig hier noch darauf aufmerksam zu machen, dass an Präparaten, die längere Zeit (wenigstens einige Tage lang) in Alkohol gelegen haben, die isotrope Schicht auch, und ganz besonders an den nicht contrahirten Fasern resp. Faserstellen, abgenommen zu haben pflegt. Die doppelbrechenden Scheiben, welche dann äusserst stark lichtbrechend und, wie die ganze Faser, meist sehr bröckelig geworden sind, berühren sich dann mitunter beinahe, wie das Polarisationsmikroskop nachweist. Man darf diese Bilder durchaus nicht mit den oben beschriebenen des Uebergangsstadiums verwechseln, in welchen das Polarisationsmikroskop sofort die Täuschung nachweist. Es ergiebt sich somit die Vorschrift, nur von frisch getödteten Thieren Präparate zu machen.

das breite dunkle Band, das man dafür gehalten hatte. Ich verweise auf Fig. II e, III b, IV e, VI a, b. Gewiss würde sich dasselbe an den dem Nasse'schen Schema zu Grunde liegenden Fasern herausgestellt haben. Denn dass es sich hier nicht um Dinge handelt, die bei einer Muskelart so, bei einer andern anders sein könnten, ist einmal von vorn herein höchst wahrscheinlich und wird zum Ueberflusse dadurch bewiesen, dass ich bei den Darm- und Extremitätenmuskeln von Musca domestica und vomitoria, wie auch bei verschiedenen Muskeln anderer Insekten (Hydrophilus, Geotrupes stercorarius, Vespa crabro, Formica u. s. w.) dieselben Erscheinungen direkt constatirt habe.

Bei dieser Gelegenheit mag denn auch die irrthümliche, leider bereits in einige Lehrbücher übergegangene Angabe Merkel's berichtigt werden, derzufolge die Färbung mit Hämatoxylin ein sicheres Mittel zur Erkennung der doppelbrechenden Substanz abgeben soll. Auf Grund dieser Annahme wird aus der richtigen Thatsache, dass im Uebergangsstadium die Faser sich sehr gleichmässig violett färbt, der falsche Schluss gezogen, dass sich während dieses Stadiums die anisotrope Substanz durch das ganze Muskelfach vertheilt habe. Die Thatsache beweist aber durchaus nichts Anderes, als dass in diesem Stadium der Wassergehalt der Faser, die Dichtigkeit derselben eine sehr gleichmässige geworden sei. Längst weiss man ja, dass wesentlich hiervon die Intensität der Färbung abhängt, welche ein organisirtes Element unter Einwirkung eines Tinktionsmittels annimmt [1]). Diese Regel, welche doch alltäglich durch die Beobachtung bestätigt werden kann, scheint unbe-

---

1) Dass ausserdem specifische Färbungsunterschiede vorkommen können, soll hiermit natürlich keineswegs geleugnet werden. Man braucht sie jedoch in den meisten Fällen zur Erklärung der Thatsachen durchaus nicht anzunehmen und muss also mit ihrer Annahme äusserst vorsichtig sein. Wo sie sicher nachweisbar sind, bestehen meist sehr grobe chemische Differenzen. Bei geringer Verschiedenheit in der chemischen Struktur, beispielsweise wenn es sich nur um verschiedene Modifikationen von Eiweiss handelt, wie offenbar im Muskel, hilft bei gleichem Wassergehalt der Objekte Färbung in der Regel so gut wie nichts zur differentiellen Diagnose. Anders natürlich wenn grobe Unterschiede vorhanden sind, z. B. fettreiche von fettarmen Elementen unterschieden werden sollen. Gleichwohl, ja gerade deswegen, kann man dem Streben, specifische Färbungsmittel für chemisch wenig differente Gewebselemente zu finden, nur seine vollste Zustimmung ertheilen und ihm den besten Erfolg wünschen.

greiflicherweise etwas in Vergessenheit gekommen zu sein. Der vorliegende Fall bestätigt sie wieder in der allerschönsten Weise. In dem Masse, als bei der Contraktion das Volumen der doppelbrechenden Substanz zu- und ihr Brechungsvermögen abnimmt, färbt sie sich weniger intensiv. Sind die Nebenscheiben, wie ja zuweilen vorkommt, schon im Ruhezustand stärker lichtbrechend, also wasserärmer als die Querscheiben, so färben sie sich auch mit Hämatoxylin viel dunkler als diese. Einen solchen Fall stellt Fig. V dar. Die Faser war in Alkohol fixirt, dann in Hämatoxylin gefärbt worden. Hier ist auf jeder Stufe der Verkürzung die doppelbrechende Substanz viel heller gefärbt als die isotrope der Nebenscheiben. Wo das homogene Stadium schön ausgebildet ist, die Faser ganz gleichmässig violett erscheint, zeigt das Polarisationsmikroskop helle und dunkle Bänder wie sonst in voller Schärfe mit einander abwechselnd. Ich brauche nur auf Fig. II f, g u. s. w. zu verweisen. Die dunkeln Bänder des Umkehrungsstadiums, welche auch die dunkelste violette Färbung zeigen, bleiben zwischen gekreuzten Nikols dunkel, wie u. a. Fig. II m, n, o, p lehrt. — Was von Hämatoxylin gilt, gilt auch von der Osmiumsäure, vom Eosin, Pikrocarmin und Methylgrün, welche alle ich darauf untersucht habe. Es ist in diesem Augenblick kein wirklich specifisches Färbungsmittel für die contraktile Substanz bekannt.

Um nun zu den beiden von uns unterschiedenen Bildertypen des Uebergangsstadiums zurückzukehren, so stellt sich wie man sieht heraus, dass dieselben nur in einigen wenigen, die Entwickelung dieses Stadiums betreffenden Punkten von einander abweichen, und auch dies nur für die Untersuchung im gewöhnlichen Lichte. In beiden Fällen gilt, was uns die Beobachtung der lebenden Faser lehrte, dass das mittlere Lichtbrechungsvermögen der isotropen Schicht zu-, das der anisotropen abnimmt. Beide lehren ausserdem übereinstimmend, dass den optischen Veränderungen entsprechende Volumänderungen beider Schichten parallel gehen, indem die anisotrope, contraktile Schicht auf Kosten der isotropen, nicht contraktilen an Masse zunimmt.

Weiterhin, im Umkehrungsstadium, bestehen dann zwischen den beiden Bildern überhaupt keine merklichen Unterschiede mehr. In beiden Fällen wird die isotrope Schicht um so stärker lichtbrechend und kleiner, die anisotrope um so schwächer brechend

und voluminöser gefunden, je weiter die Verkürzung vorgeschritten ist. In beiden Fällen entsprechen also auch, wiederum in Uebereinstimmung mit dem was die lebende Faser zeigte und entgegen Merkel's Behauptung, die dunkeln Scheiben des Umkehrungsstadiums der isotropen Substanz.

Ich befinde mich in diesem Punkte in Uebereinstimmung mit Flögel, der die wichtige Thatsache der Umkehrung überhaupt zuerst entdeckte und wesentlich richtig beschrieb, ferner mit Krause, Fredericq, Nasse u. A. Der letztgenannte Forscher, welcher die dunklen Scheiben des Umkehrungsstadiums „Contraktionsscheiben" nennt [1]), weicht insofern von mir ab, als er die doppelbrechende Substanz erst bis völlig an die Zwischenscheiben heran sich ausdehnen, dann, in dem Masse als die „Contraktionsscheiben" sich ausbilden, sich wieder mehr nach der Mitte des Faches zurückziehen lässt. Hiergegen muss ich nun nochmals ganz entschieden betonen, dass in keinem einzigen meiner Präparate eine Wiederabnahme des Volums der doppelbrechenden oder ein Wiederwachsen des Volums der einfachbrechenden Schichten während des Wachsens der Verkürzung vorkommt. Nicht nur die optischen, sondern auch die Volumänderungen haben in jeder der beiden Lagen, so lange die Contraktion steigt, immer in gleichem Sinne statt. Ich verweise auf die Figg. I—VI, welche in Bezug auf diesen Punkt völlig untereinander übereinstimmen. Nur soviel ist zuzugeben, dass diese Aenderungen auf den späteren Stufen der Verkürzung langsamer stattfinden. Ja wenn nach dem Eintritt der Umkehrung die Verkürzung noch viel weiter wächst, lassen sich optische und Volumänderungen beider Schichten schliesslich überhaupt nicht mit Sicherheit mehr nachweisen. Bei der geringen Höhe, welche dann die Muskelfächer haben, sind aber genaue Messungen nicht ausführbar. Dennoch scheinen auch dann jene Aenderungen noch im anfänglichen Sinne weiterzugehen.

Von den compensatorischen Volumenänderungen der isotropen und anisotropen Schicht habe ich mich an der lebenden Faser bisher noch nicht mit völliger Sicherheit überzeugen können, was wegen der grossen Schwierigkeit der Beobachtung nicht befremden kann. Doch spricht der Anschein mit grosser Entschiedenheit zu Gunsten einer stärkeren Verschmälerung der isotropen Bänder, wie

---

1) a. a. O. S. 289.

denn auch die Faser im polarisirten Licht auf dem Gipfel der Welle im Ganzen viel heller erscheint als an den ruhenden Partien. Offenbar aber kommt jetzt sehr wenig darauf an, ob dieser Nachweis schon am lebenden Objekt mit völliger Sicherheit geliefert werden kann, da es sich herausgestellt hat, dass alle überhaupt an der lebenden Faser sicher zu ermittelnden Thatsachen auch an den nach den üblichen Methoden fixirten Wellen wahrgenommen werden können.

Ich halte demnach folgende, bisher noch nicht allgemein anerkannte Thatsachen für vollständig sicher erwiesen, so sicher, dass sie in meinen Augen zu den unerschütterlichsten Thatsachen der Histiologie gehören:

Während der Contraktion der quergestreiften Muskelfaser finden parallel den Formveränderungen der Muskelelemente Aenderungen der optischen Eigenschaften und des Volums der isotropen und anisotropen Schicht Statt.

Diese Aenderungen sind für beide Schichten von entgegengesetzter Art.

Die isotrope Schicht wird im Ganzen stärker, die anisotrope schwächer lichtbrechend.

Infolge hiervon kann die Faser bei einem gewissen Grade der Verkürzung bei Betrachtung in gewöhnlichem Lichte homogen, nicht merklich quergestreift erscheinen: homogenes oder Uebergangsstadium.

Bei noch weiter gehender Verkürzung treten wieder dunkle Querstreifen auf, welche den isotropen Scheiben entsprechen.

Auf jeder Stufe der Verkürzung, also auch im Uebergangsstadium, sind die isotropen und anisotropen Schichten mittelst des Polarisationsapparates als scharf begrenzte, regelmässig alternirende Lagen nachweisbar.

Dieselben vertauschen bei der Contraktion ihren Platz im Muskelfache nicht.

Die Höhe beider Schichten nimmt während der Zusammenziehung ab, und zwar die der isotropen sehr viel schneller als die der anisotropen.

Das Gesammtvolum eines jeden Faches ändert sich während der Contraktion nicht nachweisbar.

Es nehmen also die anisotropen Schichten auf Kosten der isotropen an Volum zu.

Hieraus, in Verband mit den optischen und den früher von mir beschriebenen mechanischen Erscheinungen, folgt, dass bei der Contraktion **Flüssigkeit aus der isotropen in die anisotrope Schicht übertritt.** Erstere schrumpft, letztere quillt.

Auf die theoretische Bedeutung dieser Thatsachen, in welchen nach meiner Ueberzeugung der Schlüssel zum Verständniss des Contractionsvorganges liegt, gehe ich hier nicht ein, sondern erlaube mir auf die in früheren Abhandlungen[1]) gemachten Andeutungen zu verweisen.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel I.

Die Figuren I—VI sind mit Anwendung eines über alles Lob erhabenen Immersionssystems No. III (entsprechend L des Katalogs von 1878) von Zeiss in Jena angefertigt. Dasselbe erlaubte die Anwendung dickerer Deckgläschen und gestattete schon beim Licht einer gewöhnlichen Gaslampe die Polarisationserscheinungen der Muskelfasern vollkommen deutlich zu erkennen. Die Vergrösserung der Figuren ist etwa eine 1500malige. Uebrigens reichen weit schwächere Objektive (z. B. DD von Zeiss, No. 7 von Hartnack) aus, um Alles hier Abgebildete zu constatiren.

Alle Figuren beziehen sich auf Fasern von Telephorus melanurus.

Fig. I. Osmiumsäurepräparat. Erster Typus.

Fig. II. Alkoholpräparat, mit Hämatoxylin gefärbt.

Fig. III. Salicylsäurepräparat. Es sind nur drei den 3 verschiedenen Stadien entsprechende Stellen der Faser (a, b, c) gezeichnet. a Anfangsstadium. b Uebergangsstadium (noch nicht voll ausgebildet): die Nebenscheibenelemente sind mit den doppelbrechenden Elementen (sarcous elements) scheinbar verschmolzen. Letztere sind bereits heller und dicker geworden. c Umkehrungsstadium.

Fig. IV. Osmiumsäurepräparat. Zweiter Typus. Die doppelbrechenden Scheiben sind im Anfangsstadium auffallend niedrig. Dies war keineswegs die Regel.

Fig. V. Alkoholpräparat, nach Tinktion mit Hämatoxylinlösung. Die Nebenscheiben sind schon im Anfangsstadium (von dem übrigens nur das Ende dargestellt ist) dunkler als die doppelbrechenden Lagen. Letztere sind in allen Fächern die am schwächsten gefärbten Theile.

---

1) Mikroskopische Untersuchungen über die quergestreifte Muskelsubstanz. Zweiter Artikel. Die thätige Muskelsubstanz. Dies Archiv Bd. VII. 1873. S. 176 ff. — Contraktilität und Doppelbrechung. Ebenda Bd. XI. S. 460 ff.

Fig. VI. Alkoholpräparat. Asymmetrische Contraktion. Die 3 Stadien nebeneinander im selben Fach, allmählich in einander übergehend. Das Nähere s. im Text.
Fig. VII. Schema eines Muskelfaches in den drei Stadien a der Ruhe, b des Uebergangs, c der Umkehrung.
Fig. VIII. Telephorus melanurus in natürlicher Grösse.

Nachschrift zur Abhandlung „Ueber Verbindungen von Traubenzucker mit Kupferoxyd und Kali“

von Prof. **Worm Müller** und Assistent **J. Hagen.**

Nachdem die Abhandlung der Redaction schon eingesandt war, wurden wir auf eine Arbeit von Claus „Ueber die Zersetzung des Traubenzuckers durch Kupferoxyd in alkalischer Lösung“ [1]) aufmerksam, in welcher er eine kurze vorläufige Notiz einiger Versuche über die Löslichkeit des Kupferoxyds in alkalischen Traubenzuckerlösungen mittheilt; cfr. (S. 96): „Soweit meine noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen reichen, vermag ein Mol. Zucker nicht weniger als 3 Mol. Kupferoxyd zu lösen — aber für die Aufnahme eines jeden Mol. des letzteren ist die Gegenwart einer ganz bestimmten Menge freien Alkalis nothwendig, eine Beobachtung, die so eigenthümlich ist, dass sie ein eingehenderes Studium geboten erscheinen lassen muss.“

Eine spätere ausführlichere Mittheilung über diesen Gegenstand von Herrn Claus haben wir nicht finden können.

Berichtigungen zu Bd. 17.

Seite	Zeile	von	statt	lies:
569	13	unten	8·7⁰/₀igen	7·8⁰/₀igen
» 571	» 11	» »	» 52·7	» 25·7
» 573	» 15	» »	» Niederschäge	» Niederschläge
» 575	» 7	» oben	» 0·2598	» 0·2589
» 577	» 11	» »	» sauerstoffabgebendes	» sauerstoffabgebendem
» 577	» 13	» »	» mehr gegen als für	» mehr für als gegen
» 580	» 10	» »	» die Formel	» die der Formel
» 603	» 12	» unten	» fällt	» fällte
» 605	» 13	» oben	» 8,9 und 10	» 8, 9 und 10
» 605	» 16	» »	» 13	» 13,5
» 605	» 20	» »	» 10	» 18
» 614	» 10	» unten	» Seignettelösung	» Seignettesalzlösung
» 616	» 15	» oben	» Kupferoxydhydrat	» Kupferoxydulhydrat
» 616	» 16	» »	» absetzt	» absetzte
» 616	» 6	» unten	» permamente	» permanente.

1) Kolbe's Journ. f. prakt. Chem. N. F. Bd. 4. 1871. S. 63.

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Universität Halle.)

Versuche über einige physiologische Wirkungen des Natriumcarbonates.

Von

K. Schoenlein. cand. med.

Hierzu Tafel II.

Von Herrn Prof. Bernstein aufgefordert, unternahm ich es, die Einwirkung des kohlensauren Natrons auf Rhythmus und Form der Herzschläge zu studieren. Die Untersuchung bot practisches Interesse, da sich ausser Traube [1]), und dieser nur gelegentlich, von den Physiologen Niemand um die Frage gekümmert zu haben scheint, wie das kohlensaure Natron auf den Organismus wirkt, und dasselbe doch so vielfältig zu manometrischen Versuchen verwendet wird.

Die Untersuchung ist bis jetzt nur an Fröschen vorgenommen und muss noch auf Warmblüter ausgedehnt werden. Beobachtet wurden diastolischer Ventrikelstillstand nach geringeren Gaben, nach einiger Zeit wieder verschwindend, bei grösseren Dosen eine nachfolgende langsame und andauernde Contraction des Ventrikels, welche nicht immer spontan aufhörte, und endlich beim nicht curaresirten Thier Allgemeinkrämpfe. Veränderungen im Rhythmus wurden eclatant nur bei manometrischen Versuchen, und auch da nicht immer beobachtet.

---

1) Traube ges. Beitr. Bd. I. p. 248, 372, 384.

Nachdem der Frosch in der Rückenlage auf einem Froschbrette befestigt war, wurde das Herz in bekannter Weise durch Wegnahme des Proc. xyphoideus und einen median von unten nach oben verlaufenden Scheerenschnitt, der den Schultergürtel trennte, freigelegt. In die mittlere Bauchvene wurde nach dem Herzen zu, da wo sie sich unterhalb des Proc. xyphoideus von der vorderen Bauchwand abhebt, eine feine Glascanüle eingebunden, welche durch ein kurzes Gummiröhrchen mit einer graduirten Spritze verbunden war, und das peripherische Ende der Vene abgeschnürt. Als Injectionsflüssigkeit diente 10%ige oder 5%ige Lösung von Natriumcarbonat in destillirtem Wasser. Einige Male wurde auch reine Natronlauge oder kohlensaures Ammoniak in Lösungen von ungefähr gleicher Concentration verwendet. Die Injectionsmenge schwankte zwischen 0,1 bis 1 ccm.

Der Versuch wurde so angestellt, dass zuerst nach dem Sekundenzeiger einer Taschenuhr die Zahl der Herzcontractionen in einer Minute bestimmt wurde; wenn dieselbe einige Zeit gleich geblieben war, wurde der Stempel der mit der Lösung gefüllten Spritze langsam um die beabsichtigte Anzahl von Theilstrichen eingetrieben. Die Injection geschah nach vollendeter letzter Zählung. Nach derselben wurde die Zählung zunächst sistirt, um den anderweitigen Erfolg zu beobachten, und dieselbe meist erst nach einigen Minuten wieder aufgenommen. Wurde es für wünschenswerth gehalten, die Zählung nicht zu unterbrechen, so richtete sie sich, wenn der Ventrikel durch die Injection zum Stillstand kam, nach den Vorhofspulsen. Um während des Ventrikelstillstandes, und namentlich während des Contractionszustandes das Herz von der Natriumcarbonatlösung zu befreien, wurde 0,75%ige Kochsalzlösung nachgespült. Ihre Menge war gross, etwa 10 ccm oder mehr; der starke Druck, welcher sich in Folge der grossen injicirten Flüssigkeitsmenge im Gefässsystem einstellte, wurde durch Aufschneiden der Lymphsäcke an den Unterschenkeln und Oeffnen irgend eines Gefässes beseitigt oder ging in Folge der wieder eintretenden Blutung, welche durch das Natriumcarbonat gesetzt wurde, von selbst wieder vorüber. Die zum Ausspülen verwendete Flüssigkeit musste mit einiger Kraft eingetrieben werden, wodurch der Sinus venosus und die Vorhöfe prall und stark gefüllt wurden.

Der diastolische Ventrikelstillstand trat gleich beim ersten Versuche ein. Derselbe folgt:

Versuch Nro. I am 17./1. 78.

Zeit. h.	m.	Herzschläge à Min.	Injectionsmenge in ccm.	Bemerkungen. Kleiner Frosch, nicht curaresirt. Lösung 5%.
10	27	36		
	30	39		
	32	40		
	35	40		
	36		0,8	Diastolischer Ventrikelstillstand, die Atrien pulsiren fort. Die Pulse nicht gezählt.
	37			Beginnende Ventrikelcontraction, auf der linken Seite anfangend. Die Entleerung ist erst später vollständig.
	39	42		
	42	42		
	50	38		

Der beobachtete Erfolg des diastolischen Ventrikelstillstandes führte zu der Frage, ob derselbe von einer Reizung hemmender Centren, sei es im verlängerten Mark, sei es im Herzen selbst, abzuleiten sei. Das verlängerte Mark wurde desshalb bei einigen Versuchsthieren zerstört, indem zwischen Hinterhaupt und Atlas ein glühender Draht eingesenkt, und mit demselben ein wenig nach oben und unten in das Gehirn und Rückenmark eingegangen wurde. Der Erfolg blieb ungeändert, wie der nachstehend angeführte Versuch zeigt.

Versuch Nro. II am 19./1. 78.

Zeit. h.	m.	Herzschläge à Min.	Injectionsmenge in ccm.	Bemerkungen. Kleiner Frosch, das verlängerte Mark mit ferrum candens zerstört, nicht curaresirt. Lösung 5%.
10	55	38		
	60	40		
11	2	40		
	4	40		
	5		0,1	Ohne Wirkung.
	7	40		
	10	40		
	12	40		
	13		0,3	Diastolischer Stillstand der rechten Hälfte des Ventrikels. Die linke Hälfte pulsirt noch, doch contrahirt sie sich nicht vollständig. Die Atrien pulsiren weiter.
	15	40		Der ganze Ventrikel pulsirt. Tetanus des Versuchsthieres.
	20	40		
	21		0,1	Die rechte Hälfte des Ventrikels während der Systole dunkler als die linke. Diastolischer Stillstand nicht vorhanden.

Zeit. h.	m.	Herzschläge à Min.	Injectionsmenge in ccm.	Bemerkungen. Kleiner Frosch, das verlängerte Mark mit ferrum candens zerstört, nicht curaresirt. Lösung 5 %.
11	23	39		
	25	39		
	26		0,3	Diastolischer Stillstand der rechten Ventrikelhälfte; dieselbe zu Ende der Minute vorbei.
	27	39		
	28			Bis auf eine circumscripte Stelle (roth mit weissem Hofe, Folge einer Verletzung?), neben dem bulb. aortae contrahirt sich der Ventrikel wieder normal.

Aus diesem Versuche ergiebt sich zugleich 0,1 ccm der 5%igen Lösung als ungefähr geringste Menge, welche noch eine Wirkung hervorzubringen vermag, denn die während der Systole rothe Farbe der rechten Ventrikelhälfte ist daraus zu erklären, dass der Ventrikel an dieser Seite in contrahirtem Zustande noch etwas Blut enthält, sich also nicht vollständig zusammenzuziehen vermag.

Die Krämpfe, welche bei diesem Versuche auftreten und bei den meisten Versuchen am uncuraresirten Thiere wiedergefunden wurden, haben, wie einige hierauf gerichtete Versuche zeigten, ihren Ursprung im Rückenmark. Da sie bei curaresirten Thieren ausblieben, war zunächst die Möglichkeit ausgeschlossen, dass durch das in den Kreislauf gekommene kohlensaure Natron die Substanz der willkührlichen Muskeln selbst erregt würde. Die Durchschneidung des Nervus ischiadicus in der Beckenhöhle und am Oberschenkel zeigte, dass auch die Nervenstämme in ihrem Verlauf vom Rückenmark zu den Muskeln nicht von der Injection betroffen wurden, denn der Tetanus blieb an der so operirten Extremität aus. Er trat ein, so lange das Rückenmark intact war, und sein Ursprung kann, wie der vorstehende Versuch zugleich zeigt, nicht in die Medulla oblongata verlegt werden. Wurde das Rückenmark mit einer Sonde ganz zerstört, so traten höchstens hier und da einzelne Zuckungen der Muskeln ein, reichte die Zerstörung des Rückenmarks nicht durch den ganzen Wirbelcanal hindurch, so traten heftige Bewegungen oder Tetanus in den unteren Extremitäten auf. Ob die beobachteten Erscheinungen reflectorische oder durch Erregung motorischer Nerven allein zu Stande gebrachte seien, wurde nicht entschieden. Einseitige Durchschneidung der hinteren Rückenmarkswurzeln änderte nichts. In der Chloroformnarkose blieb der Tetanus aus, war aber nach Erwachen des Thieres durch neue Injection zu erreichen.

In einem weiteren Versuche wurden, um Einwirkungen des verlängerten Markes noch sicherer auszuschliessen, beide Vagi abgebunden, nachdem vorher das verlängerte Mark zerstört worden war, beides ohne den Erfolg der Injection zu ändern. Dabei wurden auch grössere Dosen kohlensauren Natrons gegeben, als früher, um den Erfolg anschaulicher zu machen. Der Versuch folgt:

Versuch Nro. III am 24./1. 78.

Zeit. h.	m.	Herzschläge à Min.	Injectionsmenge in ccm.	Bemerkungen. Kleiner Frosch, nicht curaresirt, das verlängerte Mark mit ferrum candens zerstört. Kohlensaures Natron 10%ig.
11	13	46		
	17	46		
	18		0,1	Diastolischer Stillstand der rechten Ventrikelhälfte, nach der ersten Minute verschwunden. Die Farbe der diastolischen Hälfte dunkler als die der andern Seite. Bei Neubeginn der Contraction rechterseits geht dieselbe von der Spitze des Herzens aus.
	23	46		
	26	46		
	27		0,2	Diastolischer Stillstand des ganzen Ventrikels, später anhaltende Contraction der rechten Seite.
	30			Die Contraction rechterseits bis auf einige Stellen (verletzt?) verschwunden.
	45			Die beiden Vagi abgebunden. Dabei links die Carotis zerrissen, starke Blutung.
	48	51		
	49		0,2	Diastolischer Stillstand des ganzen Ventrikels. Eine langsam eintretende und lange anhaltende Contraction folgt nach. Die Vorhöfe machen in der Minute 40 Pulse. Nach dem Ausschneiden und Ausspülen mit 0,75%iger Kochsalzlösung pulsirt der Ventrikel wieder.

Nachdem sich auf diese Weise ergeben hatte, dass eine durch die Injection gesetzte Reizung des Hemmungscentrums im verlängerten Mark nicht vorhanden war, wurden in einigen weiteren Versuchen die Hemmungsnerven im Herzen selbst durch Gifte gelähmt. Als solche wurden Curare und Atropin verwendet. Es folgt ein solcher Versuch mit Curare. Bei demselben wurde auch mehr als sonst auf die Zahl der Herzschläge in der Minute geachtet. Während des Ventrikelstillstandes wurden die Vorhofspulse weiter gezählt.

Versuch Nr. V am 29./1. 78.

Zeit. h.	Zeit. m.	Herzschläge à Min. Ventrikel	Herzschläge à Min. Atrien	Injectionsmenge in ccm.	Bemerkungen. Kleiner Frosch, 0,5 ccm 2%iger Curarelösung; geg. um 11 h. 5 m. Na_2CO_3-lösung 10%ig.
11	18	34			
	34	40			
	35	40		0,1	Diastolischer Stillstand des ganzen Ventrikels.
	36		38		Die Atrien machen 38 Pulse in der Minute.
	41	36			
	42			0,1	Diastolischer Stillstand des Ventrikels, eine Contraction folgt langsam nach und hält einige
	44		44		Zeit an. Bei Wiederbeginn der Ventrikelpulsation ziehen sich Atrien und Ventrikel in verschiedenem Tempo zusammen.
	51	40			
	52	36			
	53	32			
	55	32			
	56		32	0,1	Die Injection mit 5%iger Lösung gemacht. Die Ventrikelerweiterung nur gering, andauernde Contraction folgt nicht nach. Die Herzspitze bleibt contrahirt.
12	2	32			
	3		32	0,1	Diastolischer Ventrikelstillstand, die Contractionen fangen nach ½ Minute wieder an, doch flach und unvollständig.
	4	32			Vollständige Entleerung des Ventrikels bei der einzelnen Contraction wieder eingetreten. Die Herzspitze bleibt während der Diastole noch weiss. Die Contractionen umfangreich und kräftig.
	5	40			
	10	32			
	12	32		0,05	Der Ventrikel entleert sich nicht vollständig.
	16	32			
	18	36			
	20	35			
	24	34			
	25	32			
	26	32			
	27	28		0,15	Wie vorher.
	29	30			
	31	34			
	32	36			
	34	35			
	36	34			
	38	34			
	39	34		0,1	Wie vorher.
	40	34			
	43	35			
	45	34		0,2	Diastolischer Stillstand des Ventrikels eine Minute lang.
	47		33		
	49	30			
	50	34			
	52	36			
	53	36			

Die Unterschiede im Rhythmus der Schläge sind, wie man sieht, sehr gering. Im Ganzen zeigt sich eine Verlangsamung gegen Ende des Versuches, die nach jeder einzelnen Injection durch eine kurze Beschleunigung unterbrochen wird.

Die bei der zweiten Injection in diesem Versuche bemerkte Verschiedenheit im Tempo der Atrien und Ventrikelcontraction verdient besonders bemerkt zu werden. Es wurde in dieser Zeit der Ventrikel durch mehrere Vorhofscontractionen erst stark gefüllt, ehe er sich zusammenzog. Dabei kam es vor, dass sich Ventrikel und Atrien vollständig gleichzeitig zusammenzogen. Die Mengen der durch die einzelnen Ventrikelcontractionen fortgeschafften Flüssigkeiten waren, so viel sich aus der jedesmaligen Grösse des sich contrahirenden Ventrikels ersehen liess, nicht immer dieselben, sondern abwechselnd grösser und kleiner. Auf eine bestimmte Reihenfolge dieser Abwechselung war nicht besonders geachtet worden.

Bei den nun vorgenommenen Versuchen mit Atropin wurde zugleich durch Reizung mit dem Schlitteninductorium die Atropinwirkung festgestellt. Die als Electroden dienenden Reiznadeln wurden rechts und links auf der Rückseite des Halses neben dem Atlas eingestochen. Ich führe folgenden Versuch an.

Versuch Nro. VII am 1./2. 78.

Zeit.		Herzschläge à Min.		Injectionsmenge in ccm.	Bemerkungen. Grosser Frosch, curaresirt. Atropin 2,4 mgr subcutan. Na_2CO_3-lösung 5 %ig.
h.	m.	Ventrikel	Atrien		
11	14	32			
	39	33		0,3	
	40		32		1 Minute lang diastolischer Ventrikelstillstand, dann langsam nachfolgende Zusammenziehung desselben, 2 Minuten anhaltend. Der Ventrikel ist während dieser Zeit durch Streichen mit der Pincette zu einer Contraction nicht zu bringen.
	45	40			
12		36			
	3	36			
	6	36			Das verlängerte Mark stark gereizt (tet.) 1/2 Min. lang. Rollenabst. . . . . 30 } gereizt dito 1/2 Min. Rollenabst. 30 } „ „ 1/2 Min. „ 15 } Diastolischer Stillstand nicht vorhanden, Atropin wirksam!
	7	34			
	8	33			
	11	31			
	23	30			
	25	31		0,3	Diastolischer Ventrikelstillstand 2 Minuten, dann eine langsame Contraction, in welcher der Ventrikel 1 1/2 Minute verbleibt.

Zeit. h.	Zeit. m.	Herzschläge à Min. Ventrikel	Herzschläge à Min. Atrien.	Injectionsmenge in ccm.	Bemerkungen. Grosser Frosch, curaresirt. Atropin 2,4 mgr subcutan. Na_2CO_3-lösung 5 %ig.
12	29				Bis auf die Spitze des Ventrikels regelmässiger Puls; dieselbe ist contrahirt.
	30	33			
	32	34			
	35	34			Die weisse Farbe der Ventrikelspitze während der Diastole verschwindet.
	36			0,15	Der Ventrikel stark erweitert pulsirt fort, ohne sich vollständig zu entleeren.

Diese Versuchsweise wurde noch dahin variirt, dass die Atropininjection erst dann geschah, wenn vorher durch Reizung des verlängerten Markes Herzstillstand erzeugt, und somit dargethan war, dass der electrische Reiz wirksam sei. Die Atropininjection wurde darauf in die mittlere Bauchvene gemacht, und nach einiger Zeit versucht, ob durch Reizung mit Strömen von gleicher oder grösserer Intensität noch Herzstillstand zu erreichen war; sobald derselbe ausblieb, die Atropinwirkung also manifest war, wurde der Na_2CO_3-Versuch in der gewohnten Weise vorgenommen. Da der Erfolg derselbe blieb, ist es nicht nöthig, diese Versuche anzuführen.

Um zu erfahren, ob das Natriumcarbonat als solches, oder durch seine alkalische Reaction wirke, wurden Versuche gleicher Art mit anderen alkalisch reagirenden Substanzen gemacht, nämlich Natronlauge, kohlensaurem Ammoniak und Barytwasser. Auch wurde in einzelnen Versuchen zwischen kohlensaurem Natron und Kochsalz in 5%iger Lösung abgewechselt, um zu sehen, ob eine Lösung neutralen Alkalisalzes von gleicher Concentration dieselben oder ähnliche Wirkungen zeige, wie die alkalisch reagirenden Salze. Nach Kochsalzinjection trat keine Veränderung der Herzschläge ein. Die Wirkungen der anderen vorgenannten Substanzen waren denen des kohlensauren Natrons sehr ähnlich, so weit die oberflächliche Betrachtung dies zeigte. Am intensivsten, stärker noch als die des kohlensauren Natrons, war die Wirkung des kohlensauren Ammoniaks.

Die in dieser Versuchsreihe beobachteten Erscheinungen sollten nun auch graphisch wiedergegeben werden. Es wurde dazu das Dreiwegehahnsystem von Bowditsch[1]) in Verbindung

1) Abgebildet i. Cyon Experimentalphys. Taf. LIII. 3. Beschr. p. 556.

mit dem Froschmanometer angewendet. In die linke Aorta des vorher curaresirten Versuchsthieres wurde eine Glascanüle, dem Herzen zugewendet, eingeführt und dieselbe durch einen kurzen Gummischlauch mit dem, dem Manometer näheren, unteren freien Röhrenende verbunden. Zwischen Gummischlauch und Manometer befand sich so nur ein Hahn. Zur Füllung für das Hahnsystem und den Gummischlauch durfte natürlich nicht Natriumcarbonat, als der zu untersuchende Körper, genommen werden. Um aber die störende Gerinnung des Blutes zu vermeiden, wurde das ganze Thier mit Kochsalzlösung so lange durchgewaschen, bis das Blut hinlänglich verdünnt war, um nicht mehr gerinnen zu können. Zu diesem Zwecke wurde in die mittlere Bauchvene, dem Herzen zu, mittelst Glascanüle und Gummischlauch eine etwa 10 ccm haltende Spritze eingeführt, und aus der angeschnittenen linken Aorta das Blut ablaufen gelassen. War durch die Verblutung der Gesammtdruck sehr gesunken und der Umfang der Herzcontractionen verkleinert, so wurde aus der Spritze langsam Kochsalzlösung nachgetrieben und die linke Aorta eine kleine Weile abgeklemmt, um die Lösung im Körper umzutreiben und sie sich mit dem Blute des Thieres gehörig mischen zu lassen. Dann wurde die Klemme von der linken Aorta weggenommen, und das ganze Verfahren mehrmals wiederholt, bis die Flüssigkeit aus der nun in die Aorta eingeführten Canüle klar und höchstens hellgelb gefärbt abfloss. Diese Operation nahm etwa 10 Minuten in Anspruch. Nachdem sie vollendet war, wurde die Canüle, wie schon vorher erwähnt war, mit dem Manometer verbunden und die jetzt natürlich sehr geringe Spannung im Gefässsystem durch einen kleinen Nachschub von Kochsalzlösung bis zu 8 oder 10 mm Quecksilberdruck erhöht. Nachdem nun einige normale Pulse verzeichnet waren, wurde eine Injection gemacht, und zwar meist etwas mehr als früher gegeben, da die durch Abbindung der einen Aorta gesetzte Kreislaufsstörung das Natriumcarbonat nicht so schnell zur Circulation gelangen liess als in den früheren Versuchen. Der Moment der Injection wurde auf den Curven notirt.

Bei sämmtlichen Curven manifestirt sich die Injection ausnahmslos durch Absinken des Druckes und Aufhören der Pulsationen, oder mindestens durch bedeutende Verflachung der einzelnen Elevationen. Verlangsamung der einzelnen Pulse mit gleichzeitiger Vergrösserung des Umfangs und der Höhe der einzelnen Pulscurve

trat nicht immer gleich nach der Injection ein, sondern öfter beträchtlich später, blieb jedoch nicht aus. Ist sie einmal eingetreten, so bleibt sie bis zu Ende des Versuchs, und dann zeigen sich eigenthümliche Formen des absteigenden Theils der einzelnen Curve[1]). Auf denselben sind ein, zwei, oder auch mehrere Erhebungen aufgesetzt. Wo diese vorhanden sind, ist die einzelne Erhebung länger als die vorangehenden einfachen Elevationen, doch kürzer als zwei bei denen mit einer aufgesetzten Welle, kürzer als drei oder mehr bei denen mit drei oder mehr aufgesetzten Wellen. Ferner wurden im regelmässigen Rhythmus abwechselnde grosse und kleine Pulsationen notirt. Beide Pulsarten bleiben immer einige Zeit, doch nicht permanent, sondern verschwinden wieder.

Es war nun noch zu untersuchen, wie sich der Ventrikel allein gegen die Injectionsflüssigkeit verhielt. Zu diesem Zwecke wurde er durch Abquetschen von den nervösen Elementen des Herzens isolirt. Die Operation selbst wurde vollzogen, indem er zwischen die glattrandigen Branchen einer der Atrioventriculargrenze parallel und unterhalb derselben gelegten Pincette gefasst, und dieselben im Moment der Diastole mit Daumen und Zeigefinger beider Hände scharf gegeneinander gedrückt wurden[2]). Auf diese Weise konnte der Ventrikel noch bequem mit der Versuchsflüssigkeit gefüllt werden. War dieser Handgriff richtig gemacht, so zeigte der abgequetschte Ventrikel, wenn vorher keine Natriumcarbonatinjection gemacht war, auf jeden einzelnen Reiz nur eine einzelne Contraction, und verweilte sonst in Diastole, während der an der Atrioventriculargrenze sitzende Rest noch fortpulsirte. Die Abquetschung wurde vor oder nach der Natriumcarbonatinjection vorgenommen. Im ersten Falle erweiterte sich die abgequetschte Parthie noch unter dem Einfluss der Lösung, im zweiten war sie schon erweitert, in beiden Fällen blieb sie gegen mechanischen Reiz unerregbar.

Um auch für den isolirten Ventrikel die graphische Methode verwenden zu können, verfertigte ich mir eine Herzkanüle nach Art der Kronecker'schen Doppelcanüle. Das mit dem Sinus venosus und den Vorhöfen ausgeschnittene Herz wurde mit Stecknadeln auf einen Kork befestigt, die Canüle durch den Sinus venosus und rechten Vorhof hindurch in den Ventrikel vorgeschoben und letz-

1) Vergl. Traube, ges. Beitr. Bd. I. p. 372.

2) Siehe: Bernstein, Medic. Centralblatt. 1876. p. 385.

terer unterhalb der Atrioventrikulargrenze zwischen den beiden Knöpfen der Canüle festgebunden, nachdem er vorher durch Festbinden der Vorhöfe in der gewünschten Lage auf der Canüle fixirt war. Verletzungen des Ventrikels wurden sorgfältig vermieden. Die Unterbindung wurde weit genug unten gemacht, so dass auf Reiz nur eine Einzelcontraction erfolgte. An die beiden Röhrenenden der schon vorher mit defibrinirtem und auf das Doppelte seines Volums mit 0,75%iger Kochsalzlösung verdünnten Rinderblut gefüllten Canüle wurden mit demselben Blut gefüllte Gummiröhrchen angesetzt und die Canüle durch letztere mit dem Hahnsystem von Bowditsch verbunden, nachdem dieses gleichfalls mit verdünntem Blute gefüllt, und alle Luftblasen sorgfältig entfernt waren. Dann wurde unter das Herz ein mit Blut gefüllter Trichter gesetzt, in dessen nach oben umgebogenen und mit Quecksilber gefüllten Hals ein Kupferdraht als eines Ende der secundären Rolle eines Schlittenapparates eintauchte, während das andere Ende derselben an der Herzcanüle befestigt war. Tauchte das Herz in das Blut des Trichters ein, so konnte der electrische Strom der secundären Rolle durch dasselbe geleitet werden. In den secundären Kreis war noch ein Schlüssel als Nebenschliessung, und in den primären eine Wippe eingeschaltet, um einzelne Schläge nach Belieben durch das Herz schicken zu können. Nachdem nun das Herz an den Hahnapparat angesetzt und alles andere vorbereitet war, wurden alle Verbindungen ausser der vom Herz zum Manometer gehenden abgesperrt und eine einzelne Zuckung mit minimalem Reiz, so dass der Oeffnungsschlag eben wirkte, verzeichnet. Darauf wurde in die an dem Apparat befestigste Druckflasche verdünntes Blut, mit der gleichen oder doppelten Menge 5%iger Natriumcarbonatlösung versetzt, eingegossen und abermals gereizt. Der jetzige Reiz wirkte entweder, auch wenn er nun sehr verstärkt wurde, gar nicht, oder die entstehende Curve war länger und niedriger als die vorhergehende. Ausspülen mit Kochsalzblut bedingte eine Erholung, welche wieder Contractionen auf Reiz zuliess, wo sie verschwunden gewesen waren.

Hierbei wurde noch etwas besonderes beobachtet. Während nämlich das Herz vorher auf Reize blos eine Contraction gemacht hatte, traten nach der Durchleitung der Na_2CO_3-lösung oft selbstständige Pulsationen auf.

Aus den angeführten Versuchen lässt sich wohl zunächst der

Schluss ziehen, dass die Wirkung des Natriumcarbonates auf den Ventrikel in einer Schädigung seiner Substanz liegt, und nicht auf eine Reizung hemmender Nerven zurückzuführen ist. Für diese Deutung der erhaltenen Resultate spricht auch noch das gesonderte Verhalten der rechten und linken Ventrikelhälfte, wenn wenig Lösung gegeben war, wobei sich die Injection in der zunächst betroffenen linken Ventrikelhälfte allein und örtlich wirksam zeigte, während sie doch Stillstand des ganzen Herzens hätte bewirken müssen, wenn ihre Wirkung die Hemmungsnerven betroffen hätte. Für die Wirkung des kohlensauren Natrons auf das ganze Herz lassen sich Gründe noch nicht anführen, und es muss erst noch besonders untersucht werden, ob die eintretende Verlangsamung der Pulse in Reizung hemmender oder Lähmung beschleunigender Nerven ihren Grund hat. Ferner sind die Versuche auch noch an Warmblütern auszuführen.

Zum Schluss kann ich nicht unterlassen, dem Herrn Professor Bernstein für die grosse Freundlichkeit, mit der er diese Arbeit geleitet und überwacht hat, meinen besten Dank hiermit abzustatten.

Erläuterungen zu den beigegebenen Curvenabschnitten auf Tafel II.

Die beigefügten Längen bedeuten die Länge einer Minute. Die Curven sind von rechts nach links zu lesen.

Nro. I. a) Versuch am Kochsalzfrosch.
I = Injection von 0,3 ccm 5 %iger Lösung.
b) Ausschnitt nach Verlauf von 20 Minuten gegeben, um die eingetretene Verlangsamung zu zeigen; einzelne Doppelwellen zeigen sich.

„ II. Versuch desgl.
I_1 = Injection von 0,5 ccm 5 %iger Lösung. Die Verlangsamung tritt sofort ein.
I_2 = Kochsalznachspülen, wobei wohl noch ein Rest der ersten Injection in's Herz kommt.

„ III. Versuch desgl.
Die Elevationen haben im absteigenden Theil mehrere kleinere Wellen aufgesetzt. 50 Minuten nach der ersten Injection.

Nro. IV. Versuch desgl.

a) Abwechselnd Pulse von grösserem und kleinerem Umfang. 8 Minuten nach der ersten Injection.

b) Dieselben 27 Minuten nach der ersten Injection.

„ V. Versuch mit Herzkanüle und abgeschnittenem Ventrikel, bei welchem der Ventrikel unter Einfluss des Natriumcarbonates nicht contractionsfähig ist.

S = Schliessung } des primären Stromes.
O = Oeffnung }

R = Rollenabstand.

Na_2CO_3 = Durchwaschung mit kohlensaurem Natronblut.

NaCl = Kochsalzblut durchgespült.

„ VI. Versuch desgl., bei welchem die Contractionen flach und gedehnt wurden. Die Bezeichnungen wie vorher.

Ueber das Paraglobulin.

Von

Olof Hammarsten.

Zweiter Abschnitt.

Eine ungleiche Löslichkeit, resp. Fällbarkeit, wird bekanntlich als ein sehr wichtiger Unterschied zwischen den verschiedenen Eiweissstoffen betrachtet, und man hat dabei vor Allem dem Verhalten dieser Stoffe zu Neutralsalzen ein grosses Gewicht beigelegt. Unter solchen Umständen war es nicht nur von Interesse, das Verhalten des Paraglobulins zu Neutralsalzen im Allgemeinen zu prüfen, sondern es musste — mit Rücksicht auf die Fibrinfrage und das von mir zur Reindarstellung des Fibrinogens eingeschlagene Verfahren — für mich von besonderer Wichtigkeit sein, das Verhalten dieses Eiweissstoffes zu Kochsalz einer eingehenderen Prüfung zu unterwerfen. Ich habe desshalb auch zu meinen Versuchen fast ausschliesslich dieses Salz verwendet und ich werde nun in diesem 2. Abschnitte meiner Abhandlung zuerst über diejenigen Versuchsergebnisse berichten, welche auf das Verhalten des Para-

globulins zu Kochsalz sich beziehen. Ich will dabei mit dem Verhalten des Paraglobulins zu sehr kleinen Kochsalzmengen den Anfang machen.

Eine mit möglichst wenig Alkali bereitete Paraglobulinlösung wird von sehr kleinen Kochsalzmengen fast augenblicklich gefällt. Durch Zusatz von mehr NaCl-lösung oder durch Verdünnung mit Wasser wird der Niederschlag wieder gelöst. Um diese, meines Wissens nicht früher bekannte Fällbarkeit des Paraglobulins für sehr kleine Salzmengen zu zeigen, mag es mir gestattet sein, hier einen Versuch anzugeben.

Versuch I. Aus Pferdeblutserum, welches mit 10 Vol. Wasser verdünnt worden war, schlug ich das Paraglobulin mit Essigsäure nieder, sammelte den Niederschlag auf ein Filtrum, wusch mit Wasser aus, löste in Wasser mit Hülfe von möglichst wenig Natronlauge, verdünnte stark mit Wasser und fällte wiederum mit Essigsäure. Der Niederschlag, welcher sich rasch zum Boden setzte, wurde nach einigen Stunden auf Filtrum gesammelt, mit Wasser gewaschen und wiederum in nicht zu viel Wasser mit Hülfe von möglichst wenig Alkali gelöst. Ich erhielt so eine, auf gewöhnliches Lackmuspapier neutral, auf ein empfindlicheres Papier, welches 1 Theil Na_2O in 100000 Theilen Wasser noch deutlich anzeigte, dagegen sehr schwach alkalisch reagirende, schwach opalisirende Lösung, welche wie andere Paraglobulinlösungen von überschüssigem, feingepulvertem NaCl nur unvollständig gefällt wurde. Durch Sättigung mit gepulvertem Magnesiumsulfat wurde dagegen diese Lösung absolut vollständig gefällt und sie konnte folglich kein Serumalbumin enthalten.

Von dieser Lösung wurden 10 ccm in einer Platinschale im Wasserbade zur Trockne verdunstet; der Rückstand bei 110° C. getrocknet und dann gewogen. Nach der vollständigen Verbrennung blieb keine wägbare Menge Asche zurück, und der getrocknete Rückstand konnte also ohne wesentlichen Fehler als nur aus Paraglobulin bestehend angesehen werden. In dieser Weise bestimmt betrug die Menge des Paraglobulins in der Lösung 1,102 %.

Von dieser Lösung wurden 7 Proben (auf je 10 ccm) abgemessen und darauf mit verschiedenen Mengen einer Kochsalzlösung von 2,5 % NaCl und so viel Wasser versetzt, dass sämmtliche Proben nur in Bezug auf den procentischen Gehalt an NaCl ungleich waren. Das Versuchsergebniss war folgendes:

No. 1. Zusatz von 0,025 % NaCl: Die Flüssigkeit wurde sogleich etwas stärker opalisirend und nahm darauf allmählich ein milchweisses Aussehen an. Selbst nach 24 Stunden war indessen noch keine sicher erkennbare Fällung entstanden.

No. 2. Zusatz von 0,05 % NaCl. Es trat augenblicklich eine starke Opalescenz auf. Innerhalb fünf Minuten hatte sich ein sehr feinkörniger Niederschlag gebildet. Nach 24 Stunden enthielt die Probe einen reichlichen Bodensatz mit einer darüberstehenden milchweissen Flüssigkeit.

No. 3. Zusatz von 0,072 % NaCl: Es trat fast augenblicklich ein reichlicher, körniger Niederschlag auf.

No. 4. Zusatz von 0,119 % NaCl: Es entstand augenblicklich ein reichlicher, feinflockiger Niederschlag. Nach Zusatz von 0,006 % Na_2O wurde die Flüssigkeit wieder klar.

No. 5. Zusatz von 0,227 % NaCl: Reichliche Fällung.

No. 6. Zusatz von 0,416 % NaCl: Es entstand nur ein unbedeutender Niederschlag.

No. 7. Zusatz von 0,576 % NaCl: Es trat keine Fällung sondern nur eine starke Opalescenz auf, welch letztere nach Verlauf von 2 Stunden der Flüssigkeit ein milchweisses Aussehen ertheilte. Nach 24 Stunden eine unbedeutende Fällung.

Der Versuch wurde bei + 16 bis 18° C. ausgeführt.

In diesem Versuche, wie in allen anderen derselben Art, welche bisher von mir angeführt worden sind, hatte die entsprechende oder eine stärkere Verdünnung mit Wasser allein, ohne NaCl-zusatz, gar keinen Erfolg, und die Entstehung des Niederschlages muss also unzweifelhaft von dem zugesetzten Kochsalze herrühren. Weit davon, dass die Verdünnung mit Wasser an sich eine solche Wirkung hervorbringen konnte, wurde vielmehr der durch NaCl-zusatz erzeugte Niederschlag durch Wasserzusatz wieder gelöst. Wie die Probe 4 uns zeigt, ist schon eine sehr kleine Alkalimenge — in diesem Falle ein Zusatz von 0,006% Na_2O — genügend, um den Niederschlag aufzulösen, resp. die Entstehung eines Niederschlages zu verhindern, und es liegt also viel Gewicht darauf, dass die Paraglobulinlösungen möglichst neutral sind. Nur bei Abwesenheit von jedem Alkaliüberschusse kann man auf ein Gelingen der nun besprochenen Versuche rechnen.

Der oben angeführte Versuch ist nur als Beispiel aus einer Menge von solchen herausgegriffen worden. Ich habe nämlich mehrere solche Versuche ausgeführt und zwar mit Paraglobulinlösungen von sehr ungleicher Concentration. Das Paraglobulin war meistens durch mehrmaliges Ausfällen mit Essigsäure und Wiederauflösen in Alkali gereinigt worden, aber ich habe auch mit demselben Erfolge Versuche angestellt mit solchem Paraglobulin, welches nur durch einmaliges Fällen mit CO_2 und Auswaschen mit Wasser dargestellt worden war. Ich muss also die Fällbarkeit durch sehr kleine NaCl-zusätze als eine dem typischen Paraglobulin zukommende Eigenschaft betrachten.

Diese Fällbarkeit des Paraglobulins für kleine Kochsalz-

mengen kann zwar mit einer ungleichen Concentration und einem ungleichen Alkaligehalte etwas wechseln, aber bei möglichst sorgfältigem Vermeiden von jedem Alkaliüberschusse wechselten doch in meinen Versuchen, trotz einer ungleichen Concentration, die zur Erzeugung von einem Niederschlage nöthigen Kochsalzmengen nur zwischen 0,03—0,5 oder sogar 0,7 %. Bei Zusatz von noch mehr Kochsalz entstand entweder gar kein Niederschlag oder eine schon vorhandene Fällung löste sich wieder auf.

Diese Fällbarkeit des Paraglobulins durch sehr kleine Kochsalzmengen kann auch bei Untersuchungen über die Gerinnung des Fibrinogens leicht zu Irrungen oder jedenfalls zu schwerverständlichen Versuchsergebnissen führen. Wenn man nämlich eine durch Verdünnung mit Wasser nicht fällbare, möglichst neutrale Paraglobulinlösung mit einer Fibrinogenlösung von etwa 1 % NaCl zusammenmischt, kann leicht fast augenblicklich eine starke Trübung entstehen, deren Auftreten, wenn diese Fällbarkeit unbekannt ist, schwierig zu erklären ist und über deren Bedeutung man leicht unrichtige Vorstellungen sich machen könnte. Die Schwierigkeiten wachsen in dem speciellen Falle dadurch, dass auch das Fibrinogen ganz dasselbe Verhalten zu kleinen Kochsalzmengen zeigt. —

Wie oben gesagt, wird der aus Paraglobulin bestehende Niederschlag von noch grösseren NaCl-mengen gelöst und man kann nun mit der Kochsalzmenge wenigstens bis auf 20 % steigen, ohne einen neuen Niederschlag hervorzurufen. Das Resultat hängt doch wesentlich von 2 Umständen ab, von der Concentration und der Reinheit der Paraglobulinlösungen.

Mit steigender Concentration einer Paraglobulinlösung ist eine theilweise Ausfällung dieses Eiweissstoffes durch NaCl leichter zu erreichen, und eine sehr concentrirte Paraglobulinlösung kann von einer Kochsalzmenge gefällt werden, welche in einer verdünnteren Lösung nicht einmal eine Trübung hervorruft. Es könnte nun vielleicht von Interesse sein, denjenigen Kochsalzgehalt zu kennen, welcher für jeden Concentrationsgrad einer Paraglobulinlösung nöthig ist, um eine Ausfällung zu bewirken; aber abgesehen davon, dass eine solche Bestimmung jetzt kaum ausführbar ist, war sie auch für meine Untersuchungen gar nicht nöthig. Ich fälle nämlich, wie man sich vielleicht erinnert, bei der Darstellung des Fibrinogens diesen Stoff aus einer NaCl-lösung, welche etwa

1—8 % NaCl enthält, durch Zusatz von dem gleichen Vol. gesättigter Kochsalzlösung, wobei also der Kochsalzgehalt der Mischung etwa 16—20 % NaCl beträgt, und es ist also leicht begreiflich, dass es für mich von besonderer Wichtigkeit sein musste, das Verhalten des Paraglobulins zu etwa 16—20 % NaCl festzustellen. Ich habe auch zur Prüfung von diesem Verhalten eine nicht unbedeutende Zahl von Versuchen angestellt und ich will nun zu diesen Versuchen übergehen.

Das zu diesen Versuchen verwendete Paraglobulin war bei verschiedenen Gelegenheiten auf verschiedene Weise dargestellt worden. In mehreren Fällen verdünnte ich das Serum (fast nur von Pferdeblut) mit dem zehnfachen Vol. Wasser, schlug das Paraglobulin mit Essigsäure nieder und wusch den Niederschlag auf Filtren mit Wasser aus. Der in Wasser mit Hülfe von möglichst wenig Natronlauge gelöste Niederschlag wurde wiederum mit Essigsäure gefällt, gewaschen, in Alkali gelöst und wiederum gefällt. Den nach der 3. Ausfällung mit Essigsäure erhaltenen Niederschlag löste ich in Wasser mit Hülfe von möglichst wenig Alkali oder auch durch Zusatz von einer bekannten Menge Kochsalz. In anderen Fällen löste ich den mit Essigsäure oder CO_2 erhaltenen ersten Niederschlag in einer verdünnten Kochsalzlösung auf, fällte wieder durch reichlichen Wasserzusatz und reinigte den Paraglobulinniederschlag durch wiederholtes Auflösen in verdünnter Kochsalzlösung und Fällen mit Wasser. Endlich habe ich auch das Paraglobulin in mehreren Fällen durch Sättigung mit Kochsalz aus dem Serum gefällt und den so gewonnenen Niederschlag durch Auflösen in Wasser und neues Aussalzen, welche Procedur im Allgemeinen 3—4 Mal wiederholt wurde, gereinigt.

In den ersten Versuchen, wo mir noch kein Mittel zur vollständigen Ausfällung des Paraglobulins aus seiner Lösung bekannt war und wo ich also nicht in directer Weise auf eine Verunreinigung mit Serumalbumin prüfen konnte, lag die Garantie für die Abwesenheit von diesem Stoffe in meinen Paraglobulinlösungen einzig und allein in der Art und Weise, wie ich diese Lösungen gereinigt hatte. Nachdem ich aber die Fähigkeit des Magnesiumsulfates, das Paraglobulin vollständig auszufällen, hatte kennen lernen, habe ich auch die Reinheit meiner Paraglobulinlösungen, d. h. ihre Freiheit von Serumalbumin, stets durch Eintragen von überschüssigem, feingepulvertem Magnesiumsulfat constatirt.

In denjenigen Fällen, wo das gereinigte Paraglobulin in Wasser mit Hülfe von etwas Alkali gelöst worden war, konnte die Menge des Paraglobulins in den Lösungen einfach durch Verdunsten von einer genau abgemessenen Portion derselben, Trocknen und Wägen bestimmt werden. Diese Lösungen enthielten nämlich so wenig Alkali, dass die Menge desselben in der zur Trockne verdunsteten Portion eine unwägbare war. Bei Gegenwart von NaCl in den Paraglobulinlösungen bestimmte ich — da diese Lösungen mit Ausnahme von dem NaCl keine Verunreinigungen enthielten — die Menge des Paraglobulins in folgender Weise. Eine abgemessene Menge der Paraglobulinlösung wurde in einer Platinschale zur Trockne verdunstet, und der bei 110° C. getrocknete Rückstand gewogen. Nachdem so die Gesammtmenge der festen Stoffe bekannt geworden war, wurde der Rückstand mit einer Lösung von Cl-freiem Natronhydrat aufgeweicht, wieder eingetrocknet und darauf allmählig verkohlt. Die Kohle wurde wiederholt mit Wasser ausgekocht, getrocknet und vollständig verbrannt, worauf die Menge des Kochsalzes in den Wasserextraten durch Titration mit Silbernitrat festgestellt wurde. Die Menge des so gefundenen Kochsalzes von der Gesammtmenge der festen Stoffe abgezogen, gab die Menge des Paraglobulins.

Bei meinen Versuchen, welche stets in der Weise ausgeführt wurden, dass ein abgemessenes Volum der Paraglobulinlösung mit dem gleichen Volumen der gesättigten Kochsalzlösung vermischt wurde, stellte es sich heraus, dass sogar Paraglobulinlösungen, welche von diesem Stoffe 3—4 % enthalten, ganz so wie das Blutserum nach Zusatz von dem gleichen Volumen gesättigter Kochsalzlösung und bei einem Kochsalzgehalte des Gemenges von 18—21 % während 24—48 Stunden ganz ungetrübt bleiben können. Ich sage nur, dass solche Lösungen ungetrübt bleiben *können*, und ich behaupte also gar nicht, dass sie auch stets in dieser Weise sich verhalten; denn ebensowenig wie das Serum unter diesen Verhältnissen nie nach einiger Zeit etwas getrübt wird, ebensowenig oder noch weniger, bleiben die Paraglobulinlösungen bei dieser Behandlung immer klar. Im Gegentheil ist das Resultat in den 30—40 von mir angestellten Versuchen ein sehr wechselndes gewesen, und es sind mir sogar Fälle begegnet, wo in Lösungen, welche weniger als 1 % Paraglobulin enthielten, ein zwar unbedeutender aber doch deutlich sichtbarer Niederschlag binnen einigen Stunden zum Vorschein kam.

Ich erkläre dieses wechselnde Resultat durch die ungleiche Reinheit des bei verschiedenen Gelegenheiten dargestellten Paraglobulins, wobei ich selbstverständlich nicht einer Verunreinigung mit Serumalbumin oder anderen Blutbestandtheilen, sondern nur einer Verunreinigung mit einem schon veränderten, nicht mehr typischen Paraglobulin gedenke. Das Paraglobulin ist nämlich wie andere Globuline eine ziemlich veränderliche Substanz, und das eine Mal gelingt die Darstellung ohne viel sichtbare Veränderung dieses Stoffes, während in anderen Fällen eine in Folge der chemischen Manipulationen stattgefundene Veränderung des Paraglobulins ganz unverkennbar ist.

Im Allgemeinen erhielt ich am öftesten das leichter fällbare Paraglobulin, wenn ich das Serum nach starker Verdünnung mit Wasser sehr lange mit CO_2 behandelte oder auch durch Zusatz von Essigsäure fällte. Doch habe ich auch einige Male, nach Ausfällung mit Essigsäure und Reinigung durch 3 Mal wiederholtes Auflösen in $NaCl$ und Ausfällung mit Wasser, Paraglobulinlösungen erhalten, welche bei einer bedeutenden Concentration von dem gleichen Volumen NaCl-saturation gar nicht gefällt wurden. Als Beleg hierfür will ich einen Fall anführen, wo eine durch $MgSO_4$ absolut fällbare Lösung, welche 3,59 % Paraglobulin neben 2,63 % NaCl enthielt, von dem gleichen Volumen gesättigter NaCl-lösung im Laufe von 24 Stunden bei Zimmerwärme, 15 à 17° C, nicht im Geringsten sich trübte.

Die am wenigsten fällbaren Paraglobulinlösungen erhielt ich, wenn ich von dem Magnesiumsulfatplasma ausging. Nachdem ich das Fibrinogen, wie gewöhnlich, durch Zusatz von dem gleichen Volumen NaCl-saturation zum grössten Theile ausgefällt hatte, schlug ich einen Rest des Fibrinogens nebst etwas Paraglobulin durch Eintragen von einer kleineren Menge gepulverten Kochsalzes nieder, filtrirte und sättigte das neue Filtrat mit NaCl in Substanz. Das sich nun ausscheidende Paraglobulin, welches gewöhnlich noch etwas Fibrinogen enthielt, sammelte ich auf Filtren, presste stark aus, löste in wenig Wasser und setzte zu der so gewonnenen Lösung das gleiche Volum NaCl-saturation. Es geschah dies in der Absicht, das vielleicht noch nicht ausgefällte Fibrinogen niederzuschlagen, und der dabei entstehende Niederschlag, welcher neben dem Reste des Fibrinogens auch eine bedeutende Menge Paraglobulin enthielt, wurde desshalb abfiltrirt und nicht weiter berück-

sichtigt. Das klare Filtrat wurde mit NaCl gesättigt, das dabei ausgeschiedene Paraglobulin, auf Filtren gesammelt, ausgepresst, in Wasser gelöst und diese Lösung wiederum mit überschüssigem NaCl gefällt. Das zum 3. oder 4. Male ausgesalzene Paraglobulin wurde in Wasser durch Vermittelung des rückständigen Kochsalzes gelöst und die so gewonnene Lösung zu den Versuchen verwendet.

Wenn ich zu diesen Darstellungen von Paraglobulin 1500—1900 Cl Magnesiumsulfatplasma in Arbeit nahm, konnte ich trotz den grossen Verlusten, mit welchen dieses Verfahren selbstverständlich verbunden ist, so grosse Paraglobulinmengen gewinnen, dass ich die Fällbarkeit des Plasmaparaglobulins ebensogut wie diejenige des Serumparaglobulins prüfen konnte. Ich habe bei diesen Versuchen gefunden, dass wenn überhaupt ein Unterschied in Bezug auf die Fällbarkeit des Serum- und des Plasmaparaglobulins besteht, dieser Unterschied wenigstens nicht, wie Schmidt [1]) dies als möglich bezeichnet hat, durch eine grössere Fällbarkeit des Plasmaparaglobulins sich kund giebt. Ich habe nämlich, abgesehen davon, dass ich mehrmals Lösungen von Plasmaparaglobulin dargestellt habe, welche bei einem Gehalte von 3—4 % Paraglobulin von NaCl-saturation gar nicht gefällt wurden, auch ein Mal eine Lösung von Plasmaparaglobulin erhalten, welche 5,475 % Paraglobulin und 8,15 % NaCl enthielt. Diese Lösung wurde im Laufe von 72 Stunden bei Zimmerwärme von dem gleichen Volumen NaCl-saturation gar nicht getrübt, geschweige denn gefällt, und etwas Derartiges habe ich bei Versuchen mit dem aus Blutserum dargestellten Paraglobulin noch nie gesehen.

Dass es in diesen Fällen wirklich um reine Lösungen von Plasmaparaglobulin sich handelte, dürfte aus dem Folgenden ersichtlich werden. Von überschüssigem, feingepulvertem $MgSo_4$ wurden diese Lösungen absolut vollständig gefällt, und sie konnten folglich kein Serumalbumin enthalten. Dass sie auch kein Fibrinogen enthielten, ging daraus hervor, dass sie einerseits in keiner Weise, sei es mit Serum oder mit dem Fibrinfermente, zum Gerinnen gebracht werden konnten, und andererseits beim Erhitzen erst bei + 75° C. gerannen. Eine neutrale, kochsalzhaltige Fibrinogenlösung gerinnt nämlich, wie ich schon vor ein paar Jahren

1) Dieses Archiv Bd. XIII.

zeigte, bei + 55° C. oder einer niedrigeren Temperatur, während das Paraglobulin unter denselben Umständen bei etwa + 75° C. gerinnt.

Das aus dem Magnesiumsulfatplasma dargestellte Paraglobulin war übrigens oft sehr stark von dem Fibrinfermente verunreinigt, und in diesen Fällen war es auch fibrinoplastisch wirksam.

Ich habe oben gesagt, dass die bei verschiedenen Gelegenheiten wechselnde Fällbarkeit des Paraglobulins allem Anscheine nach durch Verunreinigung mit einem nicht typischen, wahrscheinlich durch die chemischen Manipulationen schon etwas verändertem Paraglobulin zu erklären ist, und es bleibt mir nun übrig, diese Behauptung durch Versuche zu erhärten. Es könnten zwar mehrere Beobachtungen als Stützen für diese Behauptung angeführt werden, aber den schlagendsten Beweis liefern gewiss diejenigen Versuche, wo ich nach absichtlicher Verunreinigung einer von vornherein nicht fällbaren Paraglobulinlösung mit dem schon veränderten Stoffe dieser Lösung für NaCl fällbar werden sah. — Ich will als Beispiel nur einen solchen Versuch möglichst kurz anführen.

Versuch II. Ein aus Pferdeblutserum durch Verdünnung mit Wasser und CO_2-Durchleitung ausgefälltes Paraglobulin wurde durch dreimaliges Auflösen in NaCl und Ausfällung mit Wasser gereinigt, wobei besonders darauf geachtet wurde, dass die ausgefällte Substanz möglichst kurze Zeit unter Wasser stehen blieb. Die von $MgSO_4$ vollständig fällbare Lösung enthielt:

1,560 % Paraglobulin
3,874 % NaCl.

10 ccm dieser Lösung mit 10 ccm NaCl-saturation versetzt wurden bei 16—19° C. innerhalb 24 Stunden nicht im geringsten getrübt.

Zu 5 anderen ccm derselben Lösung setzte ich 5 ccm einer anderen Lösung, welche ein durch dreimaliges Ausfällen mit NaCl-saturation schon verändertes Paraglobulin enthielt. Diese letztere Paraglobulinlösung hatte folgende Zusammensetzung:

1,422 % Paraglobulin,
3,348 % NaCl.

Das Gemenge der beiden Paraglobulinlösungen wurde mit 10 ccm NaCl-saturation versetzt und es entstand dabei schon innerhalb 2 Minuten eine starke Trübung, welche innerhalb 5 Minuten in einen flockigen Niederschlag sich verwandelt hatte. Trotzdem, dass in der letzten Probe der Gehalt an NaCl und Globulin etwas, wenn auch nur wenig, kleiner als in der ersten war, entstand doch in der Probe, welche ein nachweisbar verändertes Paraglobulin enthielt, fast sogleich eine Fällung.

Auf Grund meiner Beobachtungen muss ich also behaupten, dass Lösungen von Paraglobulin sogar bei einem Gehalte von

3—5 % Globulin bei Zusatz von dem gleichen Volumen NaCl-saturation klar bleiben können und in den Fällen, wo ein Niederschlag dabei entsteht, rührt er von der Anwesenheit von einem in Folge der chemischen Manipulationen veränderten, leichter fällbar gewordenen Paraglobulin her.

Das Paraglobulin ist also durch NaCl weit weniger fällbar als das Fibrinogen. Während nämlich nicht nur reine Lösungen, welche weniger als 1 % Fibrinogen enthalten, sondern auch das alkalische Plasma, dessen Gehalt an Fibrinogen im Allgemeinen wohl nicht höher als etwa 1% angeschlagen wird, durch das gleiche Vol. NaCl-saturation sogleich gefällt werden, wird dagegen eine neutrale, von dem veränderten Stoffe nicht verunreinigte Paraglobulinlösung, welche etwa 3—5 % Paraglobulin enthält, davon nicht gefällt. Hiermit stimmt auch gut die Erfahrung, dass das Pferdeblutserum, dessen Gehalt an Paraglobulin nach meinen Bestimmungen 3—5 % beträgt, ebenfalls von dem gleichen Volumen NaCl-saturation entweder gar nicht gefällt wird oder erst nach längerer Zeit einen sehr spärlichen Niederschlag giebt.

In nächster Beziehung zu der bei verschiedenen Gelegenheiten wechselnden Fällbarkeit des Paraglobulins steht auch die bei verschiedenen Gelegenheiten sehr ungleiche Löslichkeit desselben Stoffes in verdünnter Kochsalzlösung. Während es mir also oft gelungen ist, Lösungen von 3—4 % Paraglobulin zu erhalten, zeigte dagegen dieser Stoff in anderen Fällen eine weit geringere Löslichkeit. Doch habe ich nur in seltenen Ausnahmefällen das Paraglobulin so schwerlöslich gefunden, wie dies in den Versuchen von Weyl [1]) der Fall war. Diesem Forscher wollte es nämlich nie gelingen, Lösungen von mehr als 1,8 % Paraglobulin zu erhalten.

Die Ursache, warum das Paraglobulin bei verschiedenen Gelegenheiten eine wechselnde Löslichkeit besitzen kann, will ich ebenso wie die Ursache seiner ungleichen Fällbarkeit in einer während der Procedur des Reinigens stattgefundenen Veränderung dieses Stoffes suchen. Diese Veränderung könnte ihrerseits entweder darin bestehen, dass das Eiweissmolecul selbst dabei einer Veränderung unterliege, oder auch darin, dass das Paraglobulin durch das wiederholte Ausfällen und Wiederauflösen mehr weniger

1) Zeitschrift für physiologische Chemie. Bd. I.

vollständig von irgend einem verunreinigenden, seine Löslichkeit bedingendem Stoffe befreit werde. Diese letztere Annahme scheint mir die wahrscheinlichste zu sein.

Dass in der That in dem Serum Stoffe enthalten sind, welche die Löslichkeitsverhältnisse der Eiweisskörper wesentlich verändern können, habe ich schon früher bewiesen. Ich habe nämlich in meiner ersten Abhandlung [1]) über die Fibrinogengerinnung gezeigt, dass das Casein durch Verunreinigung mit irgend einem Bestandtheil des Blutserums (Lecithin?) derart verändert wird, dass es wie ein Globulin in verdünnter NaCl-solution sich löst. So wie diese Verunreinigung oder diese Verunreinigungen bei dem Ausfällen des Caseins mit niedergerissen werden, ebenso werden sie bei dem Ausfällen des Paraglobulins wahrscheinlich auch mitgefällt, und zwar das eine Mal in grösserer das andere in geringerer Menge.

Dass in der That das Paraglobulin, selbst nach sorgfältiger Reinigung, bisweilen noch von besonderen, paraglobulinlösenden Stoffen verunreinigt ist, kann ich wenigstens meinestheils nicht bezweifeln, und zwar auf Grund folgender Beobachtung. Es ist mir mehrmals begegnet, dass eine Lösung von gereinigtem Paraglobulin, welche durch anhaltende Dialyse von dem Alkali und den Salzen möglichst befreit worden war, durch CO_2 oder Essigsäure nicht vollständig gefällt werden konnte. Nachdem der Niederschlag abfiltrirt worden war, konnte nämlich das Filtrat weder durch Verdunsten der CO_2, noch durch Einleiten von mehr CO_2, noch durch erneuerte Dialyse oder durch Essigsäurezusatz gefällt werden, und dennoch enthielt dieses Filtrat noch eine nicht unbedeutende Menge durch $MgSO_4$ fällbares Globulin. In diesen Fällen handelte es sich um solche Paraglobulinlösungen, welche vor der Dialyse durch $MgSO_4$ vollständig gefällt wurden, und in welchen also kein Serumalbumin nachzuweisen war. Ich kann mir diese Beobachtung in keiner anderen Weise erklären, als durch die Annahme, dass das Paraglobulin von irgend einem Stoffe verunreinigt gewesen sei, welcher seine Löslichkeit in Wasser bei Abwesenheit von Salzen und Alkalien vermittelte.

Eine solche Annahme kann wohl übrigens nicht unberechtigt erscheinen, seitdem wir durch Schmidt's Untersuchungen wissen,

1) Nova Acta Reg. Soc. Scient. Ups. Ser. III. Vol. X, 1.

dass in dem Serum besondere, paraglobulinlösende, wenn auch bisher nicht weiter studirte Stoffe enthalten sind. Wahrscheinlich sind es diese, von Schmidt in dem Serum angenommenen Stoffe, welche von dem Paraglobulin wie von dem Casein mit niedergerissen werden und dem Eiweissstoffe, selbst nach mehrmaligem Ausfällen, noch mehr weniger reichlich anhängen. Wenn diese Annahme eine richtige ist, wird es auch leicht verständlich, wie durch die älteren Methoden, die Kohlensäure- wie die Essigsäuremethode oder die Dialyse, nur ein kleiner Bruchtheil der gesammten, in dem Serum vorhandenen Paraglobulinmenge ausgefällt werden kann. Wenn nämlich sogar der isolirte Stoff noch so viel von diesen Verunreinigungen enthalten kann, dass seine Lösung nach keiner dieser Methoden vollständig gefällt wird, so kann es in der That nicht auffallend erscheinen, wenn die Ausfällung des Paraglobulins aus dem Serum, welches wahrscheinlich noch reicher an solchen Stoffen ist, eine noch unvollständigere wird.

Unter allen Umständen bleibt es doch eine sicher festgestellte, leicht zu bestätigende Thatsache, dass in dem Serum Stoffe enthalten sind, welche die Löslichkeitsverhältnisse des Eiweisses (des Caseins) verändern können, und welche ihrerseits von dem Eiweisse bei dessen Ausfällung mit niedergerissen werden. Wenn man mit dem Casein arbeitet, findet man weiter, dass diese, noch weiter studirten Stoffe durch wiederholtes Ausfällen und Wiederauflösen des Eiweissstoffes mehr weniger vollständig entfernt werden können, was sich dadurch kund giebt, dass das Casein allmählich seine frühere Schwerlöslichkeit in verdünnter NaCl-solution wieder annimmt. Es ist nun sehr wahrscheinlich, dass auch das Paraglobulin in derselben Weise sich verhält; und eine ungleiche Löslichkeit, resp. Fällbarkeit des Paraglobulins bei verschiedenen Gelegenheiten könnte also vielleicht daher rühren, dass die verunreinigenden, auf die Löslichkeit einwirkenden Stoffe durch die verschiedenen Reinigungsmethoden, durch eine ungleich geschwinde Arbeit, eine mehr weniger anhaltende Berührung mit Wasser u. s. w. mehr weniger vollständig und rasch entfernt, resp. zerstört werden. Ein von vorneherein grösserer oder kleinerer Gehalt des Serums an besonderen, paraglobulinlösenden Stoffen könnte dabei auch in Betracht kommen, und er könnte vielleicht auch erklären, warum nach einer und derselben Methode aus dem einen Serum ein schwerlöslicheres Globulin als aus dem anderen erhalten wird.

Ohne eine solche Annahme wird es auch schwierig zu verstehen, wie aus 2 Serumarten, welche fast denselben Gehalt an Paraglobulin besitzen, mit den älteren Methoden sehr ungleiche Paraglobulinmengen erhalten werden können. Dies ist z. B. mit dem Pferde- und Rindsblutserum der Fall. Das Pferdeblutserum enthält mindestens ebenso viel Paraglobulin wie das Rindsblutserum, und dennoch kann aus jenem mit der Dialyse, der CO_2- oder Essigsäuremethode kaum die Hälfte der Paraglobulinmenge gewonnen werden, welche aus diesem durch dasselbe Verfahren zu gewinnen ist. Ich kann mir dieses Verhalten am einfachsten durch die Annahme erklären, dass das Pferdeblutserum von vorneherein reicher an besonderen paraglobulinlösenden Stoffen als das Rindsblutserum sei, und von diesem Gesichtspunkte aus dürfte es vielleicht nicht ganz ohne Bedeutung sein, dass Weyl sein schwerlöslicheres Paraglobulin aus Rindsblutserum dargestellt hatte, während mein leichtlöslicheres Paraglobulin von dem Pferdeblutserum stammte. Doch kann ich auf diese Ungleichheit zwischen den Versuchen von Weyl und mir kein grosses Gewicht legen, denn ich habe keine vergleichende Untersuchungen über die Löslichkeit des Pferde- und des Rindsblutparaglobulins angestellt.

Ich weiss wohl, dass für die ungleiche Löslichkeit, resp. Fällbarkeit der bei verschiedenen Gelegenkeiten dargestellten Paraglobulinpräparate auch andere Erklärungen versucht werden könnten, und ich will gar nicht behaupten, dass die von mir versuchte die beste oder die richtige sei. Da sie indessen wenigstens zum Theil auf sicher festgestellten Thatsachen sich basirt, und da sie weiter zu fortgesetzten Untersuchungen Anlass geben könnte, habe ich sie hier nicht ganz unterdrücken wollen.

Durch die Annahme, dass bei der Reindarstellung des Paraglobulins gewisse, seine Löslichkeit, resp. Fällbarkeit bedingende Verunreinigungen entfernt werden, könnte man vielleicht auch am einfachsten die von Alex. Schmidt[1]) entdeckte, interessante Veränderung des Paraglobulins durch Ausfällen mit NaCl-saturation erklären. Schmidt hatte nämlich gefunden, dass das Paraglobulin, welches bei der Ausfällung mit überschüssigem NaCl in Substanz seine Leichtlöslichkeit, resp. Schwerfällbarkeit nicht einbüsst, durch die Ausfällung mit NaCl-saturation dagegen allmählich in einen

1) Dieses Archiv Bd. XIII.

leichter fällbaren, schwer- oder zuletzt sogar unlöslichen Stoff übergeführt werden soll. Dabei wird das Paraglobulin nach Schmidt's Erfahrung wenigstens theilweise von einer Verunreinigung, von dem Fibrinfermente befreit; und es könnte also die erwähnte Veränderung in Bezug auf die Löslichkeit resp. Fällbarkeit vielleicht daher rühren, dass das Paraglobulin dabei nicht nur von dem Fermente, sondern auch von einer anderen, in halbgesättigter NaCl-solution löslichen, beim Sättigen mit NaCl dagegen fällbaren Verunreinigung befreit werde.

Aber abgesehen von der Erklärung, welche man dieser Beobachtung Schmidt's geben will, ist schon die Beobachtung selbst von einem unverkennbaren Interesse, und ich habe sie desshalb auch, vor Allem, weil sie mit Rücksicht auf die Reinheit meiner Fibrinogenlösungen nicht unwichtig ist, zum Gegenstande einer besonderen Prüfung gemacht. Leider habe ich dabei die Angaben Schmidt's nur zum Theil bestätigen können.

Schmidt behauptet, dass das Paraglobulin durch wiederholtes Fällen mit concentrirter und Wiederauflösen in verdünnter Kochsalzlösung eine stetig fortschreitende Veränderung durchmacht, durch welche es seine Löslichkeit in verdünnter NaCl-solution zuletzt vollständig einbüsst. Häufig soll man schon nach der zweiten Fällung, wenn man den Niederschlag nach dem Abtropfen der Flüssigkeit durch Uebergiessen mit Wasser zu lösen versucht, bemerken, dass ein mehr oder weniger grosser Theil desselben auf dem Filtrum zurückbleibt. Nach der 3. Fällung soll dies regelmässig eintreten, und nach der 4. löste sich in Schmidt's Versuchen regelmässig gar nichts mehr, auch nicht, wenn er die Auflösung mit einer mässig concentrirten Kochsalzlösung zu bewirken versuchte. Die Substanz war in Schmidt's Versuchen in verdünnter Essigsäure und Natronlauge löslich, und das Paraglobulin würde also durch Ausfällen mit gesättigter Kochsalzlösung in ein Albuminat verwandelt werden.

Diese Angaben habe ich, wie oben angedeutet, nicht ganz bestätigen können. Es ist mir nämlich bisher in keinem einzigen Versuche gelungen, durch 4-maliges Ausfällen mit gesättigter NaCl-lösung einen in verdünnter Kochsalzlösung unlöslichen Stoff zu erhalten, aber dagegen habe ich beobachtet, dass das 3—4 Mal gefällte Paraglobulin gegenüber dem typischen durch eine grössere Fällbarkeit ausgezeichnet ist. Es ist zwar auch mir, wie Schmidt,

begegnet, dass der auf dem Filtrum gesammelte Niederschlag weder beim Uebergiessen mit Wasser noch mit einer 5—10 procentigen Kochsalzlösung merkbar sich auflöste, aber dies beweist gar nicht, dass der fragliche Niederschlag auch in verdünnter Kochsalzlösung wirklich unlöslich ist. Bei Versuchen mit dem Fibrinogen oder den Globulinen der Hydroceleflüssigkeiten habe ich nämlich wiederholt gesehen, dass der nur ein Mal mit CO_2 oder Essigsäure gefällte, und folglich noch nicht wesentlich veränderte Globulin auf dem Boden des Gefässes oder auf dem Filtrum eine feste Schicht bilden kann, welche beim Uebergiessen mit verdünnter NaCl-lösung bisweilen kaum merkbar sich auflöst. Selbst wenn man einen Theil des Niederschlages in der Kochsalzlösung zerrührt, bilden sich leicht Klümpchen, welche allmählich weisslicher werden, ohne von dem Lösungsmittel merkbar aufgelöst zu werden, und es hat den Anschein, als wäre der Niederschlag in NaCl-solution unlöslich oder sehr schwerlöslich. Verfährt man dagegen in einer anderen Weise, so wird man doch bald eines besseren belehrt. Wenn man nämlich den Niederschlag mit dem Filtrum zwischen Papier auspresst, das fein zerschnittene Filtrum mit dem Niederschlage in verdünnter Kochsalzlösung zertheilt, so kann der Niederschlag durch tüchtiges Umrühren nicht nur fein vertheilt, sondern auch, wie die Untersuchung des Filtrates lehrt, wirklich gelöst werden.

Diese Erfahrung habe ich bei Versuchen mit Hydroceleflüssigkeiten mehrmals gemacht, und ein gleiches Verhalten kann auch der durch Ausfällung mit NaCl-saturation erzeugte Paraglobulinniederschlag zeigen. Ein Niederschlag, welcher beim Uebergiessen mit Wasser oder verdünnter Kochsalzlösung auf dem Filtrum nicht merkbar sich löste, konnte, wenn er zusammen mit dem Filtrum fein zerrieben wurde, sehr leicht gelöst werden, wobei doch selbstverständlich nicht zu entscheiden war, in wie weit diese Auflösung eine mehr weniger vollständige gewesen sei. Bei Anwendung von diesem Verfahren habe ich nun in der That auch, trotz einer nicht unbedeutenden Zahl von Versuchen, nie durch 4—5 maliges Ausfällen einen in verdünnter Kochsalzlösung ganz unlöslichen Niederschlag erhalten.

Meine Versuche sind fast sämmtlich mit Paraglobulin aus Pferdeblutserum angestellt worden, während der von Schmidt angeführte Versuch mit Rindsblutserum ausgeführt worden ist. Es

ist möglich, dass Schmidt seine Versuche hauptsächlich mit dem Rindsblutserum angestellt habe, und es blieb also die Möglichkeit übrig, dass der zwischen unseren Versuchsergebnissen bestehende Widerspruch durch das ungleiche Versuchsmaterial erklärt werden könnte. Ich habe es desshalb auch für eine Pflicht gehalten, mit dem Rindsblutserum einige Versuche anzustellen. Als Beispiel führe ich hier einen Versuch an.

Versuch III. 1000 ccm Rindsblutserum mit 15 Liter Wasser verdünnt wurden durch Zusatz von 25-procentiger Essigsäure, 1,3 ccm auf je 100 ccm unverdünnten Serums gefällt. Der gesammte Niederschlag wurde in einem Gemenge von 105 ccm Wasser und 35 ccm $MgSO_4$-saturation gelöst und diese Lösung mit dem doppelten Volumen NaCl-saturation gefällt. Niederschlag No. 1.

Dieser Niederschlag, welcher nach 24 Stunden abfiltrirt wurde, löste sich leicht in 70 ccm einer NaCl-lösung von 8 %. Nach der Filtration wurde diese Lösung mit dem doppelten Volumen NaCl-saturation gefällt. Niederschlag No. 2.

Nach 24 Stunden wurde auch dieser Niederschlag abfiltrirt, in 40 ccm NaCl-lösung von 8 % gelöst, filtrirt und wieder mit dem doppelten Volum NaCl-saturation gefällt. Niederschlag No. 3.

Nach 24 Stunden wurde dieser Niederschlag abfiltrirt. Der in dem Becherglase zurückgebliebene unbedeutende Rest löste sich bei Wasserzusatz fast sogleich ganz vollständig auf. Der nach vollständigem Abtropfen der Flüssigkeit auf dem Filtrum zurückgebliebene Rest zeigte beim Uebergiessen mit 5-procentiger Kochsalzlösung nur wenig Neigung sich zu lösen. Eine kleine Portion davon, welche in einer Kochsalzlösung von 5 % eingetragen wurde, bildete bald einige durchsichtige, klebrige Klümpchen, welche erst im Laufe von ein paar Stunden sich lösten. Bei feinem Zerreiben von einer anderen, kleinen Portion auf einem Uhrgläschen mit 5-procentiger Kochsalzlösung löste sich alles innerhalb einiger Minuten auf. Der Rest des Niederschlages wurde in 30 ccm einer NaCl-lösung von 5 % gelöst und diese Lösung mit dem doppelten Volumen NaCl-saturation gefällt. Niederschlag No. 4.

Nach 24 Stunden wurde der Niederschlag abfiltrirt und der unbedeutende Rest, welcher in dem Becherglase zurückblieb, löste sich bei Zusatz von Wasser ganz vollständig auf. Nach beendeter Filtration wurde der Niederschlag auf dem Filtrum mit 5-procentiger NaCl-salution übergossen, aber er bildete dabei eine zusammenhängende Schicht, welche sich nicht merkbar löste. Eine kleine Portion, in einem Uhrgläschen mit NaCl-lösung von 5 % fein zerrieben, löste sich ohne sichtbaren Rückstand zu einer opalisirenden Flüssigkeit auf, während eine andere, nur grob zertheilte Portion mit derselben Kochsalzlösung erst durchsichtige und dann weisslich werdende Klümpchen bildete, welche ganz unlöslich zu sein schienen. Der mit dem

Filtrum ausgepresste Rest des Niederschlages wurde in 20 ccm einer 5-procentigen Kochsalzlösung eingetragen, nach wiederholtem Zerrühren filtrirt und das Filtrat mit dem doppelten Vol. NaCl-saturation gefällt. Niederschlag No. 5.

Der Niederschlag No. 5 verhielt sich ganz so wie der vorige. Nach dem Auspressen wurde er in 12 ccm NaCl-solution von etwa 9 % gelöst. Von der so gewonnenen Lösung wurden 5 ccm zur Bestimmung der Menge des Globulins und des Kochsalzes verwendet, und es wurde dabei für diese Lösung folgende Zusammensetzung gefunden:

1,15 % Globulin,
10,605 % NaCl.

Der noch übrige Rest der Lösung wurde allmählich im Wasserbade erhitzt, wobei die Temperatur im Laufe von 37 Minuten von + 30° C. auf + 75° C. stieg. Bei + 69° C. fing die Flüssigkeit an etwas mehr opalescent zu werden aber erst bei + 75° C. trat eine wirkliche Gerinnung ein.

Dieser Versuch zeigt also, dass selbst durch 5-maliges Ausfällen es mir nicht möglich war, das Paraglobulin in ein in Kochsalzlösung unlösliches Albuminat zu verwandeln, was nach Schmidt regelmässig schon durch 4-maliges Ausfällen mit gesättigter Kochsalzlösung geschehen soll. Die Zusammensetzung der Flüssigkeit zeigt vielmehr, dass die Löslichkeit des 5 Mal ausgefällten Stoffes keine unbedeutende war — die Lösung enthielt nämlich 1,15% Globulin — und dieser Versuch steht also in scharfem Widerspruche zu den Angaben Schmidt's. Dieser Versuch zeigt doch weiter, wie leicht man sich täuschen kann, wenn man nur das Verhalten des auf dem Filtrum befindlichen oder nicht gehörig fein vertheilten Niederschlages berücksichtigt, denn unter solchen Verhältnissen kann es oft den Anschein haben, als wäre der Niederschlag wirklich in verdünnter NaCl-solution unlöslich. Wenn man dagegen den Niederschlag mit dem Filtrum auspresst, in verdünnter Kochsalzlösung unter starkem Umrühren fein zertheilt und darauf das Filtrat mit neuen Mengen NaCl-saturation versetzt, kann man erst sicher zeigen, ob der Niederschlag auch wirklich unlöslich gewesen sei oder nicht. Die von mir auf diese Weise ausgeführten Versuche, sei es mit Pferde- oder Rindsblutserum, haben alle ohne Ausnahme, im Widerspruche zu den Angaben von Schmidt, das Resultat gegeben, dass das Paraglobulin durch 4—5-maliges Ausfällen mit NaCl-saturation nicht in verdünnter NaCl-solution unlöslich, und dementsprechend auch nicht in ein Albuminat umgewandelt wird.

Wenn ich also in Bezug auf die Löslichkeit des mehrmals

mit NaCl-saturation gefällten Paraglobulins mit Alex. Schmidt im Widerspruche mich befinde, so kann ich ihm dagegen nur beistimmen, wenn er behauptet, dass das so behandelte Paraglobulin eine grössere Fällbarkeit als das typische besitzen soll. Während nämlich das mit NaCl in Substanz gefällte, noch typische Paraglobulin nie vollständig von NaCl gefällt wird, kann dagegen, wie ich wiederholt gesehen habe, die Lösung des 3 oder 4 Mal mit NaCl-saturation gefällten Paraglobulins durch überschüssiges gepulvertes NaCl ebenso leicht und vollständig wie eine Fibrinogenlösung gefällt werden.

Es ist mir wie oben gesagt in keinem einzigen Falle gelungen, das Paraglobulin durch wiederholtes Auflösen in verdünnter und Ausfällen mit gesättigter Kochsalzlösung in einen in NaCl unlöslichen Stoff zu verwandeln. Dagegen gelingt es sehr leicht, das Paraglobulin durch eine solche Behandlung derart zu verändern, dass es zwar noch wie andere Globuline in verdünnter Kochsalzlösung löslich, aber daneben auch durch NaCl in Substanz absolut vollständig fällbar wird. Dieses Verhalten ist mit Rücksicht auf die Reinheit der nach meiner Methode dargestellten Fibrinogenlösungen von einer nicht zu unterschätzenden Bedeutung.

Dass meine Fibrinogenlösungen von typischem Paraglobulin nicht verunreinigt sein können, ist leicht dadurch zu zeigen, dass sie von Kochsalz in Substanz absolut vollständig gefällt werden, während dies nach absichtlicher Verunreinigung mit diesem Eiweissstoffe nicht mehr der Fall ist. Dagegen kann die Möglichkeit einer Verunreinigung mit einem nicht typischen, durch NaCl in Substanz vollständig fällbaren Paraglobulin nunmehr nicht ohne Weiteres zurückgewiesen werden.

Diese Möglichkeit ist von Schmidt in seinen, gegen meine erste Abhandlung gerichteten Bemerkungen[1]) hervorgehoben worden, aber die von ihm beigebrachten Gründe sind doch, die Richtigkeit seiner Angaben vorausgesetzt, leicht zu widerlegen. Wenn nämlich, wie Schmidt behauptet, das 3—4 Mal mit concentrirter Kochsalzlösung ausgefällte Paraglobulin in verdünnter Kochsalzlösung ganz unlöslich wird, so ist es auch nicht einzusehen, wie dieses modificirte, unlöslich gewordene Paraglobulin in den Lösungen des mehr als 3—4 Mal ausgefällten Fibrinogens als Verunreinigung

1) Dieses Archiv Bd. XIII.

enthalten sein könnte. In meiner Erwiederung[1]) auf die Bemerkungen Schmidt's konnte ich desshalb auch behaupten, dass — vorausgesetzt, dass die Angaben Schmidt's über die Veränderung des Paraglobulins richtig wären — meine Fibrinogenlösungen weder von einem typischen noch von einem modificirten Paraglobulin verunreinigt sein können.

Es ist offenbar, dass diese Frage nunmehr ganz anders sich gestalten muss, denn wenn es auch, wie dies von Schmidt behauptet wird, möglich sein würde, das Paraglobulin durch 3—4-maliges Ausfällen in verdünnter NaCl-solution unlöslich zu machen, so ist es doch ganz gewiss, dass dies weder stets noch einmal in der Mehrzahl der Fälle gelingt. Das gewöhnlichste und das von mir ausschliesslich erhaltene Resultat dürfte wohl vielmehr das sein, dass das Paraglobulin dabei in einen fortwährend in verdünnter NaCl-solution löslichen aber durch Kochsalz in Substanz vollständig fällbaren Stoff verwandelt wird. Ein so verändertes Paraglobulin verhält sich, wie man sieht, gegenüber dem Kochsalze ganz so wie das Fibrinogen, und ich kenne auch gegenwärtig kein Mittel, durch welches die Anwesenheit von einem derart veränderten Paraglobulin in einer Fibrinogenlösung zu entdecken sein würde.

Man sieht leicht, dass durch diese meine Erfahrungen über das Verhalten des Paraglobulins beim Ausfällen mit gesättigter Kochsalzlösung die Schwierigkeiten, mit welchen die Reindarstellung des Fibrinogens schon früher verbunden war, noch weiter wachsen müssen. Während nämlich eine Veränderung des Paraglobulins der Art, wie sie von Alexander Schmidt angegeben worden ist, eine Verunreinigung meiner Fibrinogenlösungen sogar mit dem veränderten Stoffe ausschliessen musste, wird dagegen durch die von mir beobachtete Veränderung des Paraglobulins eine solche Verunreinigung nicht nur nicht ausgeschlossen, sondern es giebt auch gegenwärtig kein Mittel, die An- resp. Abwesenheit heit von einer solchen Verunreinigung direct zu zeigen.

Ich werde nun später, vor Allem in meiner nächsten Abhandlung (über das Fibrinogen) zeigen, wie wenig doch eine solche Verunreinigung zu befürchten ist. Hier will ich nur im engsten Zusammenhange mit den Eigenschaften des Paraglobulins im Allgemeinen zeigen, in wie weit einem solchen veränderten und vollständig fällbar gewordenen Paraglobulin eine fibrinoplastische Wirkung zukomme, und es haben meine über diesen Gegen-

1) Dieses Archiv Bd. XIV.

stand angestellten Versuche gelehrt, dass ein solches Paraglobulin, wenn es nur nicht von dem Fibrinfermente verunreinigt ist, keine fibrinoplastische Wirkung besitzt. Selbst wenn man die Verunreinigung meiner Fibrinogenlösungen mit einem vollständig fällbaren Paraglobulin annehmen wollte, würde dies also ohne Bedeutung für die Hauptfrage sein. Für die Gerinnungsfrage ist es nämlich, was ich schon früher betont habe, gleichgültig, ob meine Fibrinogenlösungen ein fibrinoplastisch unwirksames oder gar kein Paraglobulin enthalten. Die Entbehrlichkeit des Paraglobulins bei der Fibrinogengerinnung wird in beiden Fällen ebenso schlagend bewiesen.

Es dürfte nothwendig sein, für das eben Gesagte besondere Beweise zu liefern, und ich will desshalb hier als Beispiel einige Versuche anführen, welche die Unwirksamkeit des modificirten Paraglobulins in fibrinoplastischer Beziehung zeigen werden. Da diese Unwirksamkeit des modificirten Paraglobulins nicht ohne Bedeutung für die Fibrinfrage ist, kann ich mich doch nicht damit begnügen, nur über einen Versuch ausführlicher zu berichten, sondern ich muss wenigstens 3 oder 4 solche anführen.

In allen diesen Versuchen überzeugte ich mich von der vollständigen Fällbarkeit des modificirten Paraglobulins durch Zusatz von überschüssigem gepulverten NaCl, wodurch diese Lösungen vollständig gefällt wurden. Jede solche Paraglobulinlösung wurde übrigens durch Zusammenmischen mit einer spontan nicht gerinnenden Fibrinogenlösung auf die Anwesenheit von Fibrinferment geprüft.

Da, wie ich gefunden habe, die Versuchsergebnisse von einer Verunreinigung des modificirten Paraglobulins mit Fibrinferment sehr gestört werden, und da es mir nur selten gelingen wollte, aus dem Serum ein fermentfreies, modificirtes Paraglobulin zu gewinnen, so ging ich bei den meisten meiner Versuche von dem Magnesiumsulfatplasma aus. (Es war dies übrigens um so mehr nothwendig, als mein Fibrinogen aus dem Magnesiumsulfatplasma dargestellt wird.) Ich verfuhr dabei so, dass ich zuerst das Fibrinogen wie gewöhnlich mit NaCl-saturation ausfällte, dann den Rest des Fibrinogens so weit möglich nebst etwas Paraglobulin durch Zusatz von einer, zur Sättigung unzureichenden Menge gepulverten Kochzalzes fällte, endlich das Filtrat mit NaCl sättigte und das so gewonnene Paraglobulin durch wiederholtes Auflösen in ver-

dünnter und Ausfällung mit gesättigter Kochsalzlösung zu reinigen mich bemühte. Schon das 3 Mal ausgefällte Paraglobulin war regelmässig durch überschüssiges, festes Kochsalz vollständig fällbar, während es noch eine, bisweilen nicht unbedeutende Löslichkeit zeigte. Es ist mir also beispielsweise ein Mal gelungen, aus dem Pferdeblutserum eine Lösung von modificirtem Paraglobulin, welche 4% Paraglobulin enthielt, darzustellen. Ich gehe nun zu den Versuchen über.

Versuch IV. Das zu diesem Versuche verwendete Paraglobulin war aus Magnesiumsulfatplasma dargestellt worden. Das Paraglobulin wurde nur dreimal mit concentrirter Kochsalzlösung gefällt, aber die nach der dritten Ausfällung erhaltene Lösung war nichtsdestoweniger durch NaCl in Substanz vollständig fällbar. Auf eine Fibrinogenlösung war sie ganz ohne Einwirkung und sie war folglich nicht fermenthaltig. Diese Lösung enthielt:

0,750 % (modificirtes) Paraglobulin,
2,500 % NaCl.

Der Controle halber bereitete ich mir auch eine Lösung von typischem Paraglobulin, und zu dem Ende fällte ich mit 15 Vol. Wasser verdünntes Pferdeblutserum mit Essigsäure. Der Niederschlag wurde mit Hülfe von wenig NaCl in Wasser gelöst und aus dieser Lösung durch reichlichen Wasserzusatz gefällt. Nach zweimaligem Wiederholen dieser Procedur wurde der Niederschlag in verdünnter NaCl-solution gelöst und der Gehalt dieser Lösung an NaCl und Paraglobulin bestimmt. Darauf wurde der Rest mit so viel Wasser versetzt, dass der Gehalt dieser Lösung an NaCl ebenfalls 2,5 % war. Diese Lösung enthielt:

1,45 % (typisches) Paraglobulin.

Die zu diesem Versuche verwendete Hydroceleflüssigkeit, welche weder spontan noch mit einer nach Schmidts Vorschriften bereiteten Fermentlösung gerann, hatte folgende Zusammensetzung:

Feste Stoffe	6,190 %	
Gesammteiweiss	5,100 %	
Globuline	0,750 %	(durch Dialyse bestimmt)
do.	1,480 %	(mit der $MgSO_4$-methode bestimmt)
Lösliche Salze	0,915 %	
Unlösliche Salze	0,058 %	
Gehalt an Alkali als Na_2O berechnet	0,112 %	

Zu diesen Zahlen, welche alle auf 100 ccm Hydroceleflüssigkeit sich beziehen, muss ich Folgendes bemerken. In dieser wie in den drei folgenden Hydroceleflüssigkeiten wurde das Gesammteiweiss und die unlöslichen Salze nach der Methode von Alex. Schmidt, die löslichen Salze dagegen durch Dialyse, Eintrocknen der Diffusate, und Verbrennen wie gewöhnlich, bestimmt. Den Gehalt an Alkali, als Na_2O berechnet, bestimmte ich durch Titration

mit einer Zehntelnormalsäure, welche zugesetzt wurde, bis die amphotere Reaction gänzlich verschwunden war. Um dabei die Reaction beurtheilen zu können, benutzte ich für die alkalische Reaction mit Lackmus violetroth gefärbte Visitenkarten, welche für 1 Theil Alkali in 100000 Theilen Wasser noch einen deutlichen Ausschlag gaben, und für die saure Reaction mit Lackmus blauviolet gefärbte Gypsplatten, welche für Säuren dieselbe Empfindlichkeit zeigten.

Die Versuchsflüssigkeiten wurden in diesem Versuche folgendermassen angeordnet. Von der Hydroceleflüssigkeit wurden drei Proben, auf je 20 ccm mit je 20 ccm der Schmidt'schen Fermentlösung versetzt. Die eine Probe a wurde nur mit 10 ccm Kochsalzlösung von 2,5 %, die andere b mit 10 ccm der Lösung von modificirtem Paraglobulin in 2,5 % NaCl und die dritte c mit 10 ccm der Lösung von typischem Paraglobulin in 2,5 % NaCl versetzt. Der Gehalt an Kochsalz war also in allen drei Proben derselbe oder 0,5 % auf die fertige Versuchsflüssigkeit berechnet. Die Menge des modificirten Paraglobulins in b war 0,150 % und die Menge des typischen Paraglobulins in c 0,390 % ebenfalls auf die Gesammtflüssigkeit berechnet. Zuletzt kamen auch auf jede Probe 2 ccm einer Lösung von „genuinem" Haemaglobulin.

Das Versuchsergebniss war folgendes: In den Proben a und b trat gar keine Gerinnung innerhalb 48 Stunden auf. Die Probe c gerann innerhalb 30 Minuten, aber erst nach etwa 30 Stunden war die Gerinnung beendet. Die Menge des Faserstoffes auf die Hydroceleflüssigkeit berechnet, war 0,055 %.

Das modificirte Paraglobulin zeigte also in diesem Versuche gar keine fibrinoplastische Wirkung. Gegen dieses Versuchsergebniss kann man freilich einwenden, dass die Menge des zugesetzten modificirten Paraglobulins überhaupt nur eine geringe und vor Allem kleiner als diejenige des zugesetzten typischen Paraglobulins war, da aber sogar sehr kleine Mengen des typischen Paraglobulins bei der Fibrinogengerinnung eine sehr augenfällige Wirkung ausüben können, dürfte doch dieser Einwand nur wenig wichtig sein. Dass übrigens das veränderte Paraglobulin, selbst wenn es in noch grösserer Menge als das typische zugegen ist, keine fibrinoplastische Wirkung ausüben kann, werden die nächstfolgenden 2 Versuche zeigen.

Versuch V. Das Paraglobulin war durch gepulvertes NaCl aus Pferdeblutserum ausgefällt worden, und darauf durch viermal wiederholtes abwechselndes Lösen in verdünnter und Ausfällen mit gesättigter Kochsalzlösung gereinigt. Nach der vierten Ausfällung gab das Paraglobulin eine etwas opalisirende Lösung von folgender Zusammensetzung:

4,115 % (modificirtes) Paraglobulin,
4,500 % NaCl.

Der Controle halber bereitete ich mir eine Lösung von typischem Paraglobulin durch Verdünnen von Rindsblutserum mit Wasser und Zusatz von

Essigsäure, Auflösen des Niederschlages in Wasser mit Hülfe von möglichst wenig Alkali und neues Fällen mit Essigsäure. Diesen Niederschlag löste ich in verdünnter Kochsalzlösung und erhielt so eine Lösung von folgender Zusammensetzung: 1,35 % (typisches) Paraglobulin,
2,25 % NaCl.

Die zu diesem Versuche verwendete Hydroceleflüssigkeit, welche mit einer nach Schmidt's Angaben bereiteten Fermentlösung nicht gerann, enthielt:

Feste Stoffe . . .	7,88 %
Gesammteiweiss . .	6,755 %
Globuline	0,964 % (durch Dialyse bestimmt)
Lösliche Salze . .	0,894 %
Unlösliche Salze .	0,054 %
Gehalt an Alkali (als Na_2O berechnet) .	0,109 %

Von der Hydroceleflüssigkeit wurden drei Proben auf je 20 ccm abgemessen und mit je 20 ccm der Fermentlösung versetzt. Die Probe a wurde nur mit Kochsalzlösung, die Probe b mit der Lösung von modificirtem und die Probe c mit der Lösung von typischem Paraglobulin versetzt. Durch die erforderlichen Zusätze von NaCl, resp. Wasser wurde Sorge dafür getragen, dass alle drei Proben dieselben Mengen Wasser und Kochsalz enthielten. Die Menge des zugesetzten Kochsalzes war in allen drei Proben 0,670 % auf die Gesammtflüssigkeit berechnet. Die Probe b enthielt 0,450 % modificirtes und die Probe c 0,383 % typisches Paraglobulin, ebenfalls auf die fertige Versuchsflüssigkeit berechnet. Zuletzt wurde zu allen Proben so viel Haemaglobinlösung gesetzt, dass sie eine deutlich rothe Farbe hatten.

Das Versuchsergebniss war folgendes: Die Proben a und b gerannen nicht innerhalb 72 Stunden, nach welcher Zeit die Beobachtung, wegen beginnender Zersetzung der Versuchsflüssigkeiten, unterbrochen wurde. Die Probe c gerann innerhalb 2 Stunden, aber nach 24 Stunden wurde keine Fibrinbildung mehr beobachtet. Die Menge des in dieser Probe erhaltenen Faserstoffes war, auf die Hydroceleflüssigkeit berechnet, 0,090 %.

Trotzdem, dass in diesem Falle die Menge des zugesetzten typischen Paraglobulins etwas kleiner als diejenige des modificirten war, wirkte das letztere doch gar nicht fibrinoplastisch, während durch Zusatz von typischem Paraglobulin eine Menge von 0,090 % Fibrin erhalten wurde. Der procentische Gehalt an Kochsalz war in allen Proben derselbe, und man kann also gegen diesen Versuch nicht einwenden, dass der nicht unbedeutende Kochsalzzusatz (etwa 0,67 % auf die fertige Versuchsflüssigkeit berechnet) vielleicht die Wirkung des modificirten Paraglobulins verhindert hätte. In diesem Falle würde sie nämlich wohl auch die Wirkung des typischen Paraglobulins verhindert haben. In dem nun folgenden Ver-

suche, wo die Menge des zugesetzten Kochsalzes eine bedeutend kleinere war, kann eine solche Einwendung noch weniger gemacht werden, und dennoch wirkte, wie wir sehen werden, das modificirte Paraglobulin auch hier gar nicht fibrinoplastisch.

Versuch VI. Das Paraglobulin war in diesem Versuche aus Magnesiumsulfatplasma wie in dem Versuche IV dargestellt worden. Wie in den vorigen Versuchen war auch in diesem die Paraglobulinlösung ohne Einwirkung auf eine spontan nicht gerinnende Fibrinogenlösung, und sie war folglich auch nicht fermenthaltig. Durch NaCl in Substanz konnte diese Lösung vollständig gefällt werden. Ihre Zusammensetzung war folgende:

1,52 % (modificirtes) Paraglobulin,
1,68 % NaCl.

Die zur Controle verwendete Lösung von typischem Paraglobulin war, wie in dem Versuche IV, aus Pferdeblutserum dargestellt worden. Durch Wasserzusatz wurde sie auf einen Gehalt von 1,68 % NaCl gebracht. Diese Lösung enthielt:

0,720 % (typisches) Paraglobulin.

Die zu diesem Versuche verwendete Hydroceleflüssigkeit, welche weder spontan noch mit einer Schmidt'schen Fermentlösung gerann, hatte folgende Zusammensetzung:

Feste Stoffe . . .	5,05 %	
Gesammteiweiss . .	4,045 %	
Globuline	0,515 %	(durch Dialyse bestimmt).
Lösliche Salze . .	0,830 %	
Unlösliche Salze .	0,065 %	
Gehalt an Alkali (als Na_2O berechnet .	0,124 %	

Von dieser Hydroceleflüssigkeit wurden 3 Proben auf je 20 ccm mit je 20 ccm Fermentlösung versetzt. Die Probe a wurde mit 10 ccm Kochsalzlösung von 1,68 %, b mit 10 ccm der Lösung von modificirtem Paraglobulin in NaCl von 1,98 % und c mit ebenfalls 10 ccm der Lösung von typischem Paraglobulin in NaCl von 1,68 % versetzt. Die zugesetzte Kochsalzmenge, auf die fertige Versuchsflüssigkeit berechnet, war also in jeder Probe 0,336 %. Die Probe b enthielt etwa 0,304 % modificirtes und die Probe c 0,144 % typisches Paraglobulin, auf die Gesammtflüssigkeit berechnet. Zuletzt kamen auch auf jede Probe 2 ccm einer Lösung von nicht krystallisirtem Haemaglobin.

Das Versuchsergebniss war folgendes: In den Proben a und b trat keine Gerinnung im Laufe von 72 Stunden auf. In der Probe c trat die Gerinnung innerhalb 3 Stunden auf. Nach 40 Stunden wurde kein Faserstoff mehr gebildet. Die Menge des Faserstoffes, auf die Hydroceleflüssigkeit berechnet, war in dieser Probe 0,075 %.

Auch in diesem Versuche war also das modificirte Paraglobulin fibrinoplastisch ganz unwirksam. Die Menge des zugesetzten, fällbaren Paraglobulins war in diesem Versuche zwar eine nicht sehr grosse, aber sie war doch doppelt so gross wie diejenige des typischen Paraglobulins und diese war wiederum zur Hervorrufung von einer verhältnissmässig reichlichen Fibrinbildung eine völlig genügende. Ebenso wenig wie in dem vorigen Versuche trat in diesem in der Probe b irgend ein Niederschlag auf, und man kann also nicht daran denken, dass die Menge des modificirten Paraglobulins in diesen Proben eine zu grosse gewesen sei. Unter solchen Umständen beweisen, wie ich glaube, diese Versuche ganz unzweifelhaft, dass das durch wiederholtes Ausfällen mit concentrirter Kochsalzlösung fällbarer gewordene Paraglobulin, wenn es von dem Fibrinfermente nicht verunreinigt ist, auch keine fibrinoplastische Wirkung ausübt. Anders verhält es sich, wenn das Paraglobulin von dem Fermente verunreinigt ist, und um dies zu zeigen, werde ich noch einen Versuch anführen.

Versuch VII. Das modificirte Paraglobulin war aus $MgSO_4$-plasma wie in dem vorigen Versuche gewonnen. Mit dem gleichen Volumen einer spontan nicht gerinnenden Fibrinogenlösung vermischt gab diese Lösung innerhalb 8 Minuten eine schöne Gerinnung und die Paraglobulinlösung war also von dem Fermente stark verunreinigt. Von Kochsalz in Substanz wurde diese Lösung absolut vollständig gefällt und sie konnte also kein typisches Paraglobulin enthalten. Die Zusammensetzung dieser Lösung war folgende:

0,450 % Paraglobulin,
1,605 % NaCl.

Die Hydroceleflüssigkeit, welche weder spontan noch mit einer sehr reinen Schmidt'schen Fermentlösung gerann, hatte folgende Zusammensetzung:

Feste Stoffe	6,26 %	
Gesammteiweiss	5,28 %	
Globuline	0,545 %	(durch Dialyse bestimmt).
Globuline	1,150 %	(mit der $MgSO_4$-methode bestimmt).
Gehalt an Alkali (als Na_2O berechnet)	0,108 %	

Von der Hydroceleflüssigkeit wurden 2 Proben auf je 20 ccm mit je 20 ccm Fermentlösung versetzt. Die eine Probe, a, erhielt einen Zusatz von 10 ccm einer Lösung von 1,605 % NaCl, die andere, b, einen Zusatz von 10 ccm der Lösung von modificirtem Paraglobulin. Der Kochsalzzusatz betrug also in beiden Proben, auf die Gesammtflüssigkeit berechnet, 0,212 %.

und der Gehalt der Probe b an Paraglobulin war 0,090 %. Die Menge der zugesetzten Haemaglobinlösung war in jeder Probe 2 ccm.

Versuchsergebniss: Die Probe a gerann nicht innerhalb 56 Stunden, die Probe b gerann binnen 15 Minuten. In weniger als 20 Stunden war die Gerinnung in dieser Probe beendet, und die Menge des Faserstoffes war, auf die Hydroceleflüssigkeit berechnet, 0,025 %. Aus dieser Hydroceleflüssigkeit konnte ich in Maximo 0,080 % Faserstoff gewinnen.

Trotzdem, dass die Menge des zugesetzten, modificirten Paraglobulins in diesem Versuche eine weit geringere als in irgend einem der andern Versuche war, kam doch nur in diesem eine unzweifelhaft fibrinoplastische Wirkung zum Vorschein. Dieser Versuch zeigt also, dass das modificirte Paraglobulin, wenn es von dem Fibrinfermente verunreinigt ist, auch eine fibrinoplastische Wirkung ausüben kann.

Die eben angeführten quantitativen Versuche, denen ich, wenn es nöthig wäre, noch einige nur qualitative anreihen könnte, zeigen also, dass das durch wiederholtes Ausfällen mit NaCl-saturation veränderte, durch überschüssiges gepulvertes NaCl absolut fällbare Paraglobulin der fibrinoplastischen Wirkung gänzlich entbehrt. Selbst wenn man eine Verunreinigung meiner Fibrinogenlösungen mit einem derart veränderten Paraglobulin annehmen wollte, eine Annahme, deren Berechtigung ich in der nächsten Abhandlung zurückweisen werde, wird also, wie schon oben bemerkt wurde, meine Ansicht von der Bedeutungslosigkeit des Paraglobulins für die Gerinnung dadurch nicht im geringsten erschüttert.

Wenn man das Paraglobulin abwechselnd in verdünnter NaCl-solution löst und durch Zusatz von NaCl-saturation fällt, wird es in zwei Hinsichten verändert. Es wird nämlich einerseits durch NaCl in Substanz ebenso fällbar wie das Fibrinogen und andererseits büsst es dabei die fibrinoplastische Wirkung gänzlich ein. Es könnte dies nach meiner Ansicht entweder daher rühren, dass der Eiweissstoff selbst dabei einer Veränderung unterliege, oder auch daher, dass durch das ebengenannte Verfahren irgend einige, die fibrinoplastische Wirkung wie die geringere Fällbarkeit bedingende Stoffe entfernt werden. Wenn man sich vergegenwärtigt, dass das so behandelte Paraglobulin die allgemeinen Reactionen der Globuline noch besitzt und dass es weiter — wie ich mehrmals beobachtet habe und der oben angeführte Versuch III uns lehrt — wie das typische Paraglobulin bei etwa + 75° C. gerinnt, so kann ich meinerseits nicht recht an eine wirkliche Veränderung

des Eiweisses selbst glauben. Mir scheint vielmehr die Annahme näher zu liegen, dass bei dieser Reinigungsprocedur mit dem Fermente auch andere Verunreinigungen entfernt werden, welche nicht nur auf die Fällbarkeit des Paraglobulins einwirken, sondern auch die fibrinoplastische Wirkung desselben bedingen. Nach einer solchen Ansicht würde also die fibrinoplastische Wirkung nicht dem Eiweissstoffe selbst, sondern, wie dies schon von Brücke angenommen worden ist, einem anderen gleichzeitig mit ausgefällten Stoffe zuzuschreiben sein.

Wir werden bald sehen, dass für eine solche Ansicht in der That wichtige Gründe angeführt werden können, bevor ich aber auf diese Gründe etwas näher eingehe, muss ich doch zuerst ein wenig bei der Coagulationstemperatur des Paraglobulins verweilen.

Die Gerinnungstemperatur des Paraglobulins ist von mehreren Forschern (Weyl, Frédericq und mir) zu + 75° C. bestimmt worden, und diese Angabe dürfte wohl auch für die meisten Fälle eine richtige sein. Es ist doch gewiss nicht unwichtig zu wissen, dass die Gerinnungstemperatur des Paraglobulins je nach der Versuchsanordnung und wahrscheinlich auch mit der bei verschiedenen Gelegenheiten ungleichen Beschaffenheit des Paraglobulins zwischen + 68° C. und + 78° C. oder sogar + 80° C. wechseln kann. Die Umstände, welche, so weit ich bisher gefunden habe, die Coagulationstemperatur einer und derselben Paraglobulinlösung verändern können, sind: der Gehalt an Paraglobulin, der Gehalt an Salz (NaCl) und endlich die Geschwindigkeit, mit welcher das Erwärmen geschieht.

Da bei meinen Versuchen die Versuchsanordnung in allem Wesentlichen dieselbe wie die von Weyl befolgte, in seiner Abhandlung [1]) beschriebene war, und da ich weiter hier nur beabsichtige, das eben Gesagte durch ein paar Beispiele zu erläutern, scheint es mir nicht nöthig zu sein, einige Versuche vollständig anzuführen, sondern ich will nur die Ergebnisse einiger Versuche hier ganz kurz darlegen.

Die Abhängigkeit der Coagulationstemperatur von dem Gehalte der Lösung an Paraglobulin dürfte aus Folgendem hervorgehen. Das Paraglobulin, aus Rindsblutserum durch Verdünnung mit Wasser und Essigsäurezusatz dargestellt, wurde durch 3 Mal

1) Zeitschrift für physiologische Chemie Bd. I.

wiederholtes Auflösen in verdünnter Kochsalzlösung und Ausfällen mit Wasser gereinigt. Die mit Kochsalz zuletzt erhaltene Lösung enthielt 2,6% Paraglobulin und 9,3% NaCl. Diese Lösung wurde von $MgSO_4$ ganz vollständig gefällt und sie konnte folglich kein Serumalbumin enthalten. Von dieser Lösung wurden abgemessene Volumina mit ungleichen Mengen NaCl-lösung von 9,3% verdünnt, so dass ich drei Lösungen a, b und c von demselben Kochsalzgehalte 9,3%, aber von dem Paraglobulingehalte resp. 2,6%, 1,72% und 0,866% erhielt. Von diesen Lösungen wurden gleich grosse Portionen (auf je 5 ccm) in Probirröhrchen, welche so weit möglich dasselbe Lumen und dieselbe Dicke der Wände hatten, allmählich gleichzeitig erwärmt. Die Probe a gerann bei + 68° C, b bei etwa + 71° C. und c bei etwa + 74° C. Die Anfangstemperatur der Flüssigkeiten von + 20° C. und das Erwärmen auf + 68° C, erforderte 32 Minuten.

Den Einfluss, welchen eine ungleich geschwinde Erwärmung auf die Gerinnungstemperatur ausübt, kann ich auch mit derselben Lösung zeigen. Von der Lösung, welche nur 866% Paraglobulin enthielt, wurde nämlich eine zweite Probe rasch erhitzt und diese Probe gerann erst bei + 78° C. à 79° C. Diese Lösung wurde im Laufe von 6½ Minuten von + 30° C. auf + 77° C. erhitzt.

Variationen in dem Kochsalzgehalte, welche zwischen 3 und 10% sich bewegten, übten im Allgemeinen in meinen Versuchen keinen so grossen Einfluss auf die Coagulationstemperatur aus, wie ich ursprünglich erwartet hatte. Doch kann auch für das Paraglobulin wie für andere Globuline die Gerinnungstemperatur durch grössere Kochsalzzusätze herabgesetzt werden, was ich durch folgendes Versuchsergebniss zeigen will.

Das Paraglobulin, welches aus Pferdeblutserum mit NaCl in Substanz ausgefällt worden war, wurde durch 3 Mal wiederholtes Auflösen in verdünnter Kochsalzlösung und Ausfällen mit Kochsalz in Substanz gereinigt. Die zuletzt erhaltene Lösung wurde durch sehr rasche und kurzdauernde Dialyse von dem überschüssigen Kochsalze befreit und darauf durch reichlichen Wasserzusatz gefällt. Der durch Decantation mit Wasser gereinigte Paraglobulinniederschlag wurde zu einem dünnen, gleichförmigen Breie zerrührt und von diesem Breie abgemessene Portionen mit Wasser und Kochsalz versetzt, so dass ich eine Reihe von 4 Lösungen a, b, c und d erhielt, welche alle einen Gehalt von 1,325% Paraglobulin

hatten, während der Gehalt an NaCl in ihnen resp. 15,9 %, 10,6 %, 5 % und 2,5 % war. Von den möglichst gleichartig behandelten Lösungen gerann a bei + 68° à + 69° C., b bei + 75° C., c bei 75° C. und d ebenfalls bei + 75° C. Während ein Gehalt von 15,9 % NaCl die Coagulationstemperatur auf + 69° C. herabsetzte, blieb also in den anderen Proben die Gerinnungstemperatur trotz dem ungleichen Kochsalzgehalte überall dieselbe, + 75° C.

Abgesehen von den nun gezeigten, von der Versuchsanordnung abhängigen Schwankungen der Coagulationstemperatur kann doch diese Temperatur vielleicht auch mit der Beschaffenheit des Paraglobulins bei verschiedenen Gelegenheiten ein wenig wechseln. Ich habe nämlich mehrere Male Paraglobulinlösungen erhalten, welche, bei gänzlicher Abwesenheit von Serumalbumin und bei einem Gehalte von etwa 1—2 % Paraglobulin und 2—5 % NaCl, bei langsamem Erwärmen schon bei + 72° C. oder sogar bei + 70° C. gerannen. Es scheint mir desshalb nicht unwahrscheinlich zu sein, dass das Paraglobulin, ebenso wie es bei verschiedenen Gelegenheiten eine ungleiche Löslichkeit, resp. Fällbarkeit besitzt auch eine bei verschiedenen Gelegenheiten etwas wechselnde Coagulationstemperatur besitzen kann. Am öftesten gerinnt zwar das Paraglobulin bei etwa + 75° C, aber die Coagulationstemperatur kann nicht nur für verschiedene Präparate, sondern auch, wie wir gesehen haben, für ein und dasselbe Präparat bei ungleicher Versuchsanordnung um mehrere Grade wechseln.

Wie verhält sich nun das Paraglobulin, wenn es zu einer nicht unbedeutend niedrigeren Temperatur, z. B. auf etwa + 56 à + 58° C., welche die Gerinnungstemperatur des Fibrinogens ist, erhitzt wird. Ich habe diese Frage zum Gegenstande einer besonderen Versuchsreihe gemacht und dies hauptsächlich aus folgenden Gründen.

Ich habe wiederholt gesehen und werde dies auch später durch besondere Versuche zeigen können, dass das Fibrinferment einen so grossen Einfluss auf die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes ausüben kann, dass ich solchen Versuchen, welche mit dem gewöhnlichen, typischen, von dem Fermente verunreinigten Paraglobulin ausgeführt werden, für die Frage nach der Bedeutung des Paraglobulins bei der Gerinnung keine Beweiskraft zumessen kann. Es können für diese Frage nur solche Versuche entscheidend sein, welche mit einem ganz fermentfreien Paraglobulin an-

gestellt werden, und ein solches Paraglobulin kann nach den bisher gewonnenen Erfahrungen nur aus dem Hühnereiweisse erhalten werden. Der aus Hühnereiweiss mit Dialyse und CO_2 nach Schmidt's Angaben erhaltene Eiweissniederschlag dürfte doch, wie ich in einer folgenden Abhandlung zeigen werde, wohl nie aus Paraglobulin allein bestehen, und es müssen nach meiner Erfahrung noch zahlreiche Versuche mit genügender Controlle ausgeführt werden, bevor man dem aus Hühnereiweiss erhaltenen Niederschlage eine mit derjenigen des typischen Paraglobulins vergleichbare fibrinoplastische Wirkung zuerkennen kann.

Unter solchen Umständen war es von Interesse zu versuchen, ob es nicht vielleicht möglich sein würde, auf irgend eine andere Weise ein fermentfreies Paraglobulin darzustellen, und nach meinen über das Verhalten des Fermentes beim Erwärmen gewonnenen Erfahrungen konnte ich hoffen, dass dies vielleicht durch ein kurzdauerndes Erwärmen des Serums auf etwa + 56 à + 59° C. zu erreichen sein würde. Ich hatte nämlich wiederholt gesehen, dass das Fibrinferment schon durch verhältnissmässig niedere Temperaturgrade zerstört wird, und in Uebereinstimmung damit ist es auch leicht durch Erwärmen auf + 58° C. während einiger Minuten ein ganz, oder fast ganz, fermentfreies, übrigens nicht sichtbar verändertes Blutserum zu gewinnen. Da nun weiter das Paraglobulin beim Erhitzen seiner Lösung erst bei + 68 à + 78° C gerinnt, konnte ich weiter hoffen, dass bei einer Erwärmung des Serums auf nur + 56 à + 58° C. das Paraglobulin vielleicht keiner wesentlichen Veränderung unterliegen würde. Diese meine Hoffnung, in dieser Weise ein fermentfreies Paraglobulin erhalten zu können, ist nun der Grund, warum ich das Verhalten des Paraglobulins beim Erhitzen auf + 56 à + 59° C. zum Gegenstande einer besonderen Versuchsreihe gemacht habe.

Ich habe dabei aus dem einige Zeit auf + 56° C. à + 59° C. erhitzten Serum, nach dem Erkalten desselben, durch Verdünnung mit Wasser und CO_2-durchleitung oder Essigsäurezusatz das Paraglobulin wie gewöhnlich gefällt, und ich erhielt dabei ohne Ausnahme, wenn nur das Erwärmen nicht zu lange fortgesetzt wurde, einen in Neutralsalzen leicht löslichen Niederschlag. Diesen Niederschlag habe ich durch wiederholtes Auflösen in verdünnter Kochsalzlösung und Ausfällen durch Verdünnung mit Wasser weiter gereinigt. Die zuletzt erhaltenen Lösungen waren stets etwas

opalisirend und sie enthielten bisweilen noch Spuren von dem Fibrinfermente, während sie in anderen Fällen ganz frei davon waren. Die Löslichkeit, und zwar die bisweilen sehr grosse Löslichkeit des Niederschlages in verdünnter NaCl-lösung zeigt, dass das Paraglobulin durch ein kurzdauerndes Erwärmen des Serums auf + 56 à + 59° C. nicht in ein Albuminat umgewandelt wird; es hat fortwährend die Eigenschaften der Globuline.

Da das Paraglobulin gegenüber anderen Globulinen hauptsächlich durch die unvollständige Fällbarkeit für NaCl, durch die Eigenschaft je nach der Versuchsanordnung etc. bei + 68° à + 78° C. zu gerinnen sowie endlich auch durch die fibrinoplastische Wirkung sich auszeichnet, habe ich es auch für wichtig gehalten, das Verhalten des erwärmten Paraglobulins auch von diesen Gesichtspunkten aus zu prüfen.

In Bezug auf das Verhalten zu überschüssigem gepulvertem NaCl habe ich dabei gefunden, dass zwischen dem typischen und dem erwärmten Paraglobulin kein merkbarer Unterschied besteht. Das letztere wird nämlich wie jenes von gepulvertem NaCl nur ganz unvollständig gefällt.

In Bezug auf die Temperatur, bei welcher die Gerinnung stattfindet, besteht auch kein auffallender Unterschied zwischen den beiden Paraglobulinen. Das typische Paraglobulin gerinnt, wie oben gesagt, bei einer Temperatur, welche zwischen + 68 und + 78 oder + 80° C. wechseln kann, aber am öftesten bei etwa + 75° C. liegt, und innerhalb derselben Grenzen schwankt auch die Temperatur, bei welcher das erwärmte Paraglobulin gerinnt. Ich habe also Lösungen von erwärmtem Paraglobulin dargestellt, welche gerade bei + 75° C. gerannen, während ich auch solche gesehen habe, welche schon bei + 68 oder + 70° C. coagulirten. Beim Erwärmen von mehreren Portionen desselben Serums habe ich auch gefunden, dass die Coagulationstemperatur des erwärmten Paraglobulins von der Zeit abhängig sein kann, während welcher die Erwärmung des Serums stattfand. Ich erwärmte also beispielsweise in einem Falle 2 Portionen (auf je 250 ccm) desselben Serums eine ungleich lange Zeit, die eine während 6, die andere während 16 Minuten. Das aus der ersteren Portion dargestellte, auf die oben angeführte Weise gereinigte Paraglobulin gab eine Lösung, welche, bei einem Gehalte von 2% NaCl und 2,12% Paraglobulin, gerade bei + 75° C. gerann. Die zweite Portion

gab mir ein Paraglobulin, dessen Lösung bei einem Gehalte von 2,5% NaCl und 1,4% Paraglobulin schon bei etwa + 69° C. gerann.

Ich kann nicht daran zweifeln, dass durch ein mehr anhaltendes Erwärmen des Blutserums die Coagulationstemperatur des Paraglobulins herabgesetzt werden kann. Wenn dagegen das Erwärmen nicht unnöthig lange fortgesetzt wird, kann doch ein Paraglobulin mit ganz derselben Coagulationstemperatur wie das typische erhalten werden.

Das durch Erwärmen von dem Fermente befreite Paraglobulin stimmt also, abgesehen von denjenigen Reactionen, welche es mit allen Globulinen gemeinsam hat, mit dem typischen Paraglobulin darin überein, dass es wie dieses durch NaCl in Substanz nur unvollständig fällbar ist, und weiter darin, dass es bei etwa derselben Temperatur gerinnt. Ich habe also in diesen Hinsichten keinen wesentlichen Unterschied zwischen beiden finden können, aber wenn ich nicht irre, kommt doch eine verhältnissmässig niedrigere Coagulationstemperatur öfter bei dem erwärmten als bei dem typischen Paraglobulin vor. Ausserdem scheint es mir auch, als ob das erwärmte Paraglobulin etwas weniger löslich in Neutralsalzen als das typische sein würde. Es spricht zwar hiergegen die Zusammensetzung der Lösungen, welche oft — wie in dem oben angeführten Beispiele, wo eine Lösung von nur 2% NaCl 2,12% Paraglobulin enthielt — vielmehr für eine recht grosse Löslichkeit des erwärmten Paraglobulins spricht; aber ich glaube doch gefunden zu haben, dass die Auflösung des aus erwämten Paraglobulin bestehenden Niederschlages in verdünnter Kochsalzlösung im Allgemeinen nicht so rasch wie diejenige des typischen Paraglobulins von Statten geht. Ausserdem giebt nach meiner Erfahrung das erwärmte Paraglobulin mehr opalescente Lösungen als das typische, und diese zwei Umstände scheinen mir für eine etwas geringere Löslichkeit des erwärmten Paraglobulins zu sprechen.

Einen bestimmten und constanten Unterschied, sei es in Bezug auf Löslichkeit, Fällbarkeit oder Gerinnungstemperatur, welcher auf eine wesentliche Veränderung des Paraglobulins bei dem Erwärmen auf + 56 à + 59° C. hindeuten könnte, habe ich doch wie gesagt nicht finden können; im Gegentheil habe ich in diesen Hinsichten überhaupt eine grosse Uebereinstimmung zwischen den beiden Globulinen gefunden, und es ist desshalb von Interesse zu sehen, wie es mit der fibrinoplastischen Wirkung des erwärmten Paraglobulins sich verhält.

Die von mir zu dem Zwecke ausgeführten Versuche haben nun ganz unzweideutig gezeigt, dass ein so behandeltes Paraglobulin entweder fibrinoplastisch ganz unwirksam oder wenigstens in Bezug auf eine solche Wirkung gar nicht mit dem typischen Paraglobulin zu vergleichen ist.

Das zu diesen Versuchen verwendete fermentfreie oder wenigstens sehr fermentarme Paraglobulin wurde in allen Versuchen aus dem erwärmten Serum nach dem Erkalten und Verdünnen desselben mit Wasser durch Essigsäurezusatz ausgefällt. Der Niederschlag wurde in Wasser mit Hülfe von möglichst wenig NaCl gelöst, durch viel Wasser gefällt und durch Wiederholen von dieser Procedur gereinigt. Das zuletzt erhaltene Paraglobulin wurde entweder in Wasser vertheilt oder auch erst nach vorhergegangener Lösung in verdünnter NaCl-solution der Hydrocelefüssigkeit zugesetzt. Um das Verhalten des erwärmten Paraglobulins bei der Gerinnung des Fibrinogens zu zeigen, erlaube ich mir, hier einige Versuche anzuführen.

Versuch VIII. Das klare Rindsblutserum war während 10 Minuten auf + 59° C. erwärmt worden. Das Erwärmen von + 40 C. auf + 59° C. erforderte 9 Minuten. Das Erkalten, welches durch Anwendung von Kälte beschleunigt wurde, ging sehr rasch, so dass die Temperatur im Laufe von 2 Minuten von + 59 auf + 43° C. sank. Das Paraglobulin, in oben beschriebener Weise gereinigt, wurde, in Wasser vertheilt, der Hydroceleflüssigkeit zugesetzt. Das Paraglobulin war ganz frei von Serumalbumin und seine Menge konnte also einfach durch Eintrocknen von einem abgemessenen Theil des Paraglobulins bestimmt werden. Auf dieselbe Weise wurde auch die Menge des zu dem Versuche verwendeten, aus demselben Serum dargestellten, nicht erwärmten und in Wasser ebenfalls vertheilten typischen Paraglobulins bestimmt.

Die zu dem Versuche verwendete Hydroceleflüssigkeit, welche weder spontan noch mit einer Schmidt'schen Fermentlösung gerann, hatte folgende Zusammensetzung:

Feste Stoffe	5,5%
Gesammteiweiss	4,47%
Globulin	0,870% (mit Dialyse bestimmt).
Globulin	1,090% (mit der $MgSO_4$-methode bestimmt).
Gehalt an Alkali (als Na_2O berechnet)	

Von dieser Flüssigkeit wurden 4 Proben auf je 20 ccm abgemessen und mit je 20 ccm Fermentlösung versetzt. Die Probe a enthielt ausserdem 11 ccm Wasser und 2 ccm einer Haemaglobinlösung; die Probe b 10 ccm Wasser, 1 ccm Kochsalzlösung von 8% und 2 ccm Haemaglobinlösung; die

Probe c 10 ccm des Breies von erwärmtem Paraglobulin, 1 ccm Kochsalzlösung von 8% und 2 ccm Haemaglobinlösung. Die Probe d enthielt 10 ccm des Breies von typischem Paraglobulin, 1 ccm Kochsalzlösung von 8% und 2 ccm Haemaglobinlösung. Die Probe c enthielt 0,711% erwärmtes und die Probe d 0,568% typisches Paraglobulin, alles auf die fertige Versuchsflüssigkeit berechnet.

Das Versuchsergebniss war folgendes: Die Probe d, welche das typische Paraglobulin enthielt, gerann innerhalb 35 Minuten. Nach dieser Zeit traten wiederholt neue Gerinnsel auf; aber nach 36 Stunden wurde keine Nachgerinnung beobachtet. Die Proben a und b gerannen nicht innerhalb 72 Stunden, aber in der Probe c trat nach Verlauf von etwa 30 Stunden einzelne spärliche, faserstoffähnliche Klümpchen oder Flöckchen auf, deren Menge nicht genau bestimmt werden konnte und die desshalb nur auf ihre Löslichkeit in Na_2O geprüft werden. In verdünnter Natronlauge $\frac{N}{100}$, waren diese Flöckchen, deren Menge nicht weiter vermehrt wurde, ganz unlöslich. Die Menge des in d entstandenen Faserstoffes war 0,070%, und die grösste Fibrinmenge, die ich überhaupt aus dieser Flüssigkeit erhalten konnte, war 0,078%.

In diesem Falle trat also in derjenigen Probe, welche das typische Paraglobulin enthielt, eine schöne Gerinnung auf, und die Menge des Fibrins war eine nicht unbedeutende. In der mit erwärmtem Paraglobulin versetzten Probe trat dagegen kaum eine, und in den 2 anderen, nur Ferment enthaltenden, Proben gar keine Gerinnung auf. Die spärlichen Flöckchen, welche nach etwa 30 Stunden in der Probe c auftraten, hatten zwar das Aussehen welches dem in den Hydroceleflüssigkeiten entstehenden Faserstoffe bisweilen zukommt, und ich kann desshalb auch gar nicht bezweifeln, dass sie wirklich aus Fibrin bestanden, aber die Menge war wie gesagt eine so kleine, dass sie nicht bestimmt werden konnte Man könnte auch vielleicht geneigt sein, anzunehmen, dass diese Flöckchen nur das bei Gerinnungsversuchen nach Zusatz von zu viel Paraglobulin entstehende, grobflockige Zwischenproduct gewesen wäre, aber dagegen spricht das faserstoffähnliche Aussehen derselben wie auch ihre Unlöslichkeit in einer Hundertel-Normalnatronlauge. In diesem Versuche war also das erwärmte Paraglobulin in fibrinoplastischer Beziehung nicht ganz unwirksam, aber diese Wirkung war gegenüber derjenigen des typischen Paraglobulins eine verschwindend kleine. Das erwärmte Paraglobulin war in diesem Versuche nicht ganz frei von dem Fermente, aber die Menge davon war eine so kleine, dass eine fermentfreie, mit diesem Paraglobulin versetzte Fibrinogenlösung erst nach Verlauf von mehr als 12 Stunden gerann.

Um die Unwirksamkeit des erwämten Paraglobulins zu zeigen, mag es mir gestattet sein, hier noch einen Versuch anzuführen.

Versuch IX. Das Paraglobulin, welches aus einem während 7 Min. bei + 58° C. erwärmten Pferdeblutserum ausgefällt war, wurde wie in dem vorigen Versuche gereinigt und zuletzt in NaCl-solution gelöst, so dass eine Lösung von 1,73 % Paraglobulin in 2,5 % NaCl erhalten wurde. Das in derselben Weise gereinigte, nicht erwärmte, typische Paraglobulin wurde auch in NaCl gelöst und diese Lösung durch Wasserzusatz auf denselben Kochsalzgehalt gebracht. Diese Lösung enthielt 1,6 % Paraglobulin. Das erwämte Paraglobulin war in diesem Versuche so frei von dem Fermente, dass eine Fibrinogenlösung mit diesem Paraglobulin versetzt werden konnte, ohne im Laufe von 2 Tagen zu gerinnen.

Die Hydroceleflüssigkeit war dieselbe wie in dem oben angeführten Versuche VII.

Von dieser Hydroceleflüssigkeit wurden 4 Proben auf je 20 ccm mit je 20 ccm Fermentlösung versetzt. Die Probe a enthielt 10 ccm Wasser und 1 ccm Haemaglobinlösung; b enthielt 10 ccm NaCl-lösung von 2,5 % und 1 ccm Haemaglobinlösung; c enthielt 10 ccm der Lösung von erwärmtem Paraglobulin in 2,5 % NaCl und 1 ccm Haemaglobinlösung; d enthielt 10 ccm der Lösung von typischem Paraglobulin in 2,5 % NaCl und 1 ccm Haemaglobinlösung. Die zugesetzte Kochsalzmenge war also in den 8 Proben 0,5 %, die Menge des erwärmten Paraglobulins 0,346 % und diejenige des typischen 0,320 %, alles auf die fertige Versuchsflüssigkeit berechnet.

Das Versuchsergebniss war folgendes: Die Probe d gerann nach Verlauf von etwas mehr als einer Stunde. Nach Verlauf von 36 Stunden wurde keine weitere Gerinnung beobachtet. Die Proben a, b und c wurden bis zur beginnenden Fäulniss aufbewahrt, ohne dass in irgend einer von ihnen eine Gerinnung stattfand (die Beobachtungszeit war 80 Stunden). Die Menge des in d entstandenen Faserstoffes war 0,030 % und die grösste Menge Faserstoff, die ich aus dieser Flüssigkeit gewinnen konnte, war 0,080 %.

Ich könnte noch 3 andere ebenfalls quantitativen Versuche mit erwärmtem Paraglobulin anführen, da sie aber alle in der Hauptsache dasselbe Resultat wie das zuletzt angeführte gegeben haben, finde ich es nicht nöthig, mehrere solche Versuche hier anzuführen.

Es steht also fest, dass das Paraglobulin durch eine verhältnissmässig kurz dauernde Erwärmungdes Serums auf etwa + 58° C. einer solchen Veränderung unterliegt, dass es fibrinoplastisch unwirksam wird oder jedenfalls diese Wirkung fast vollständig einbüsst. Die Frage, woher diese Veränderung herrühre, fällt selbstverständlich mit der Frage zusammen, woher die fibrionoplastische Wirkung des typischen Paraglobulins überhaupt herzuleiten sei, und auf diese Frage können wir bekanntlich gegenwärtig keine

Antwort geben. Wenn man sich erinnert, dass das erwärmte Paraglobulin ebenso wenig wie das typische durch NaCl vollständig fällbar ist, und dass es weiter bei etwa derselben Temperatur wie dieses gerinnt, so ist es wohl nicht leicht anzunehmen, dass dieser Eiweissstoff durch das Erwärmen eine durchgreifende Veränderung erlitten habe. Es liegt vielmehr die Annahme näher, dass durch das Erwärmen irgend eine, die fibrinoplastische Wirkung vermittelnde Verunreinigung zerstört worden sei. Wenn ich nicht irre ist doch, wie oben gesagt, das erwärmte Paraglobulin etwas schwerlöslicher als das typische und es gerinnt auch öfter bei einer verhältnissmässig niedrigeren Temperatur. Es ist desshalb auch vielleicht nicht ganz unmöglich, dass der Eiweissstoff selbst bei dem Erwärmen einer Veränderung unterliege, einer Veränderung so subtiler Art, dass sie nur durch das Verschwinden der fibrinoplastischen Wirkung sich kund giebt. Ich will desshalb auch gern zugeben, dass die mit erwärmtem Paraglobulin angestellten Versuche keinen bindenden Beweis für die Ansicht enthalten, dass die fibrinoplastische Wirkung nicht von dem Eiweissstoffe selbst, sondern nur von einer Verunreinigung herrühre, aber ich muss doch behaupten, dass eine solche Annahme durch diese Versuche wenigstens sehr wahrscheinlich wird. Dagegen musste ich diese Ansicht als eine bewiesene betrachten, wenn es möglich wäre, ein fibrinoplastisch unwirksames aber sonst typisches Paraglobulin unter solchen Verhältnissen darzustellen, wo an eine durch die Darstellung bewirkte Veränderung des Paraglobulins gar nicht zu denken ist. Ein solches, fibrinoplastisch unwirksames Paraglobulin kann nun in der That aus gewissen Transsudaten dargestellt werden.

Nach Alexander Schmidt soll es Flüssigkeiten geben, welche gar kein Paraglobulin oder höchstens Spuren davon enthalten. Es sind dies die von ihm als „fibrinogene" Flüssigkeiten bezeichneten Transsudate, welche dadurch ausgezeichnet sind, dass sie nicht mit dem Fibrinfermente allein, sondern erst nach Zusatz von Ferment und Paraglobulin gerinnen. Gerade diese Eigenschaft der „fibrinogenen" Flüssigkeiten, nicht mit dem Fermente allein, sondern erst nach Zusatz von Ferment und Paraglobulin zu gerinnen, bildet bekanntlich die wichtigste Stütze für die Schmidt'sche Hypothese von der Wechselbeziehung der beiden Globuline bei der Gerinnung. Wenn es nun bei einer genaueren Untersuchung sich herausstellen würde, dass diese Flüssigkeiten, weit

davon paraglobulinfrei zu sein, im Gegentheil nicht unbedeutende Mengen dieses Eiweissstoffes enthalten, würde also dadurch die Schmidt'sche Hypothese ihrer wichtigsten Stütze beraubt werden, während umgekehrt die sicher bewiesene Abwesenheit von Paraglobulin in solchen Flüssigkeiten eine directe Betheiligung des Paraglobulins bei der Gerinnung wenigstens für gewisse Fälle wahrscheinlich machen würde.

Es ist also für die Frage nach der Betheiligung des Paraglobulins bei der Fibrinogengerinnung von der allergrössten Wichtigkeit, über das Vorkommen von Paraglobulin in den „fibrinogenen“ Flüssigkeiten durch besondere Untersuchungen Aufschlüsse zu gewinnen, und es ist gewiss sehr auffallend, dass bisher Niemand den Versuch gemacht hat, einen wirklichen Beweis für die An- oder Abwesenheit von Paraglobulin in den mit dem Fermente allein nicht gerinnenden Transsudaten zu liefern. Es ist wohl möglich, dass einige diesen Beweis als schon geliefert betrachten; aber es ist nicht zu läugnen, dass man bei der bisherigen Beweisführung gewissermassen in einem Kreise sich bewegt hat. Der Grund, warum die „fibrinogenen“ Flüssigkeiten nicht mit dem Fermente allein gerinnen, soll der sein, dass sie kein Paraglobulin enthalten; aber der einzige bisher gelieferte Beweis für die Abwesenheit von Paraglobulin in ihnen ist seinerseits nur der, dass sie nicht mit dem Fermente allein, sondern nur nach Zusatz von Paraglobulin, gerinnen. Mir scheint es klar, dass dies kein befriedigender Beweis sein kann, und es ist also nothwendig, die Frage nach dem Vorkommen von Paraglobulin in „fibrinogenen“ Flüssigkeiten von Neuem, und zwar auch von einer anderen Seite in Angriff zu nehmen.

Dies habe ich nun in der That auch versucht, aber ich konnte mich dabei nicht mit nur qualitativen Untersuchungen begnügen, sondern ich musste auch mein Augenmerk auf die quantitativen Verhältnisse richten. Ich habe desshalb auch in einer ziemlich grossen Zahl von solchen Hydroceleflüssigkeiten, welche mit einer Schmidt'schen Fermentlösung allein gar nicht geronnen, die Totalmenge der Globuline bestimmt und daraus die Menge des Paraglobulins in indirecter Weise berechnet.

Wie leicht einzusehen ist, muss eine solche Bestimmung des Paraglobulins mit nicht unbedeutenden Schwierigkeiten verbunden sein. Wenn nämlich die fibrinogenen Flüssigkeiten neben dem

Fibrinogen auch etwas Paraglobulin enthielten, würde die Menge des letzteren wohl nur als Differenz zwischen der Totalmenge der Globuline und der Menge des Fibrinogens bestimmt werden können; aber man stösst dabei auf die Unannehmlichkeit, dass eine genaue quantitative Bestimmung des Fibriongens gegenwärtig gar nicht möglich ist. Selbst das jüngst von Fredericq [1]) vorgeschlagene Verfahren, das Fibrinogen durch Erhitzen auf + 56° C. zu coaguliren, führt, wie ich in meiner Abhandlung über das Fibrinogen des Näheren zeigen werde, leider nicht zum Ziele. Für die Bestimmung der Fibrinogenmenge in den Hydroceleflüssigkeiten ist diese Methode übrigens, wegen der Schwierigkeiten, mit welchen die Coagulation der in diesen Transsudaten enthaltenen, sehr kleinen Fibrinogenmengen verknüpft ist, noch weniger brauchbar, und nach meiner Erfahrung giebt es für die Menge des Fibrinogens in einer Flüssigkeit gegenwärtig kein besseres Maass als die Menge des in Maximo durch passenden Paraglobulinzusatz zu gewinnenden Faserstoffes. Dass auch dieses Maass kein richtiges sein kann, geht daraus hervor, dass die Menge des Faserstoffes, wie ich zuerst gezeigt habe, stets kleiner als die Menge des vorhandenen Fibrinogens ist, und weiter auch daraus, dass der Bruchtheil des Fibrinogens, welcher als Faserstoff sich ausscheidet, unter verschiedenen Verhältnissen etwas wechseln kann. Wenn also auch die Menge des in Maximo erhaltenen Faserstoffes kein ganz sicheres Maass für die Fibrinogenmenge abgeben kann, so kennen wir doch gegenwärtig kein anderes, welches besser ist, und aus diesem Grunde habe ich die Menge des Fibrinogens aus der Menge des Faserstoffes berechnet.

Es ist doch einleuchtend, dass ein solches Verfahren auch mit einer anderen Schwierigkeit verbunden sein muss. Es ist nämlich, wenn überhaupt möglich, gewiss nicht leicht, gerade das Maximum an Faserstoff aus einer Flüssigkeit zu gewinnen, denn es ist dazu nach Schmidt eine gewisse Relation zwischen dem Paraglobulin, dem Salze und dem Fibrinogen erforderlich, und es ist selbstverständlich nicht leicht, dieses Optimum zu finden.

---

1) Léon Fredericq: De L'existence dans le plasma sanguin d'une substance albuminoïde etc. Gand 1877. Derselbe: Recherches sur la coagulation du Sang. Première partie. Bruxelles 1877. Derselbe: Recherches sur la constitution du plasma sanguin. 1878.

Wenn ich trotz diesen principiellen Fehlern der Methode es dennoch versucht habe, in dieser Weise Aufschlüsse über das Vorkommen von Paraglobulin in den „fibrinogenen“ Flüssigkeiten zu gewinnen, so liegt der Grund dazu darin, dass schon die ersten Versuche zur Genüge zeigten, dass die Menge des Fibrins, resp. Fibrinogens gegenüber der Totalmenge der Globuline in diesen Flüssigkeiten eine so geringfügige ist, dass selbst, wenn die bei der Bestimmung des Fibrinogens begangenen Fehler ganz colossal wären, dies für die Hauptfrage fast ohne Bedeutung sein würde.

Um das Maximum des Fibrins zu erhalten, setzte ich zu mehreren, gleich grossen Proben derselben Hydroceleflüssigkeit steigende Mengen in Wasser fein vertheilten Paraglobulins und darauf tropfenweise zu jeder Probe die zur vollständigen Auflösung des Paraglobulins nöthige Menge einer gesättigten Kochsalzlösung. Wenn zwei Proben, trotz des ungleichen Paraglobulingehaltes, fast dieselbe Menge Faserstoff lieferten, oder wenn eine Probe mit grösserem Paraglobulingehalte, trotzdem dass sie auch ein wenig mehr NaCl enthielt, etwas weniger Faserstoff als die, dem Paraglobulingehalte nach, nächstkommende gab, glaubte ich wenigstens das Maximum ziemlich nahe erreicht zu haben, und die grösste Fibrinmenge wurde dann als Maximum angenommen. Ich bemerke doch noch ein Mal, dass ich gar nicht dafür einstehen kann, dass das von mir gefundene Maximum auch das wirkliche gewesen sei, denn das Volumen jeder Hydroceleflüssigkeit war ein begrenztes und gestattete folglich nicht eine beliebige oder unbegrenzte Zahl der möglichen Combination von Paraglobulin und NaCl.

Die Bestimmung der Gesammtmenge der Globuline geschah theils mit der schon für die Paraglobulinbestimmung in dem Serum angegebenen $MgSO_4$-methode und theils mit Dialyse und nachfolgender Fällung mit CO_2. Die Dialyse, zu welcher nur das deutsche und nie das de la Rue'sche Papier verwendet wurde, bietet, wenn man mit den Transsudaten arbeitet, oft die Unannehmlichkeit, dass bei Anwendung von horizontal gespannten Membranen die Globuline als eine unbewegliche, dem Papiere stark anhaftende Schicht sich ausscheiden, von der die obenstehende Flüssigkeit bisweilen klar oder nur wenig trübe abgegossen werden kann. Die an dem Papiere haftende Schicht ist oft so fest und klebrig, dass sie gar nicht mit blossem Auge zu sehen ist, sondern erst dann sichtbar wird, wenn man einen Glasstab oder den Rücken

einer Messerklinge leise über die Oberfläche des Papieres führt. Es bleibt dann der Niederschlag wie eine klebrige Masse auf dem Glasstabe oder dem Messerrücken sitzen. In solchen Fällen ist es kaum möglich, ohne bedeutende Verluste den Niederschlag von dem Papiere zu entfernen, sei es dass man ihn mechanisch oder durch Auflösen in verdünnter Natronlauge und Ausfällen mit einer Säure aufsammeln will. Eine Methode, welche allerdings ein Losmachen des Niederschlages gestattet, besteht darin, dass man nach wiederholtem gründlichen Abspülen mit Wasser das Papier mit etwas Weingeist übergiesst. Es wird dadurch der Eiweissniederschlag spröde, zerbröckelt ziemlich leicht und kann nunmehr leichter aufgesammelt werden. Indessen erleidet man auch bei diesem Verfahren bisweilen nicht unbedeutende Verluste und ausserdem läuft man auch Gefahr, ein durch Spuren von Serumalbumin verunreinigtes Globulin zu erhalten. Unter allen Umständen giebt übrigens, wie die folgende Tabelle zeigen wird, die Dialyse auch für die Transsudate niedrigere Werthe für die Globuline als die $MgSO_4$-methode.

Sämmtliche in der folgenden Tabelle aufgeführten Hydrocele-flüssigkeiten waren klar und gerannen weder spontan noch mit dem Schmidt'schen Fermente allein. Die Gesammtmenge des Eiweisses wurde wie in dem Serum entweder nach der Methode von Alex. Schmidt und Puls. oder durch Coagulation in der Siedehitze und Fällung der concentrirten Waschwasser mit Gerbsäure bestimmt. Sämmtliche Zahlen der Tabelle beziehen sich auf 100 ccm Flüssigkeit.

Tabelle I.

No.	Feste Stoffe.	Gesammt-eiweiss.	Fibrin in Maximo.	Globulin durch Dialyse bestimmt.	Globulin mit $MgSO_4$ best.	Serum-albumin.	Globulin / Serum-albumin.
1)	6,010 %	5,020 %	0,042 %		1,130 %	3,890 %	$\frac{1}{3,442}$
2)	6,45 „	5,345 „	0,080 „		1,570 „	3,775 „	$\frac{1}{2,404}$
3)	8,505 „	7,377 „	0,055 „	0,960 %	1,890 „	5,487 „	$\frac{1}{2,9}$
4)	8,59 „	5,540 „	0,030 „	0,605 „	1,410 „	4,130 „	$\frac{1}{2,929}$
5)	6,26 „	5,230 „	0,080 „	0,545 „	1,150 „	4,080 „	$\frac{1}{3,547}$

No.	Feste Stoffe.	Gesammt-eiweiss.	Fibrin in Maximo.	Globulin durch Dialyse bestimmt.	Globulin mit $MgSO_4$ best.	Serum-albumin.	Globulin / Serum-albumin.
6)	5,63 %	4,50 %	0,065 %	0,590 %	1,28 %	3,22 %	1/2,51
7)	6,190 „	5,1 „	0,080 „	0,750 „	1,480 „	3,620 „	1/2,446
8)	5,5 „	4,47 „	0,078 „	0,870 „	1,090 „	3,380 „	1/3,1
9)	6,68 „	5,50 „	0,065 „	0,580 „	1,297 „	4,208 „	1/3,24
10)	7,40 „	6,14 „	0,060 „	0,785 „	1,635 „	4,505 „	1/2,755
11)	5,76 „	4,48 „	0,085 „	0,615 „	verunglückte		
12)	4,94 „	3,735 „	0,035 „	0,430 „	0,955 „	2,780 „	1/2,91
13)	6,840 „	5,560 „	0,085 „	0,965 „	verunglückte		
14)	3,77 „	2,44 „	0,062 „	0,425 „	0,945 „	1,495 „	1/1,582
15)	3,52 „	2,030 „	0,038 „	0,372 „	0,520 „	1,510 „	1/2,903
16)	6,75 „	5,407 „	0,060 „	0,838 „	1,395 „	4,012 „	1/2,876
Mittel	6,049 „	4,867 „	0,062 „	0,666 „	1,268 „	3,578 „	1/2,824

Ein Blick auf die Tabelle zeigt sogleich, wie gross die Gesammtmenge der Globuline gegenüber derjenigen des Faserstoffes ist, und wir wollen nun sehen, welche Schlüsse aus diesem Verhalten gezogen werden können.

Die Menge des Faserstoffes beträgt als Mittel für die 16 von mir untersuchten Flüssigkeiten 0,062 %. Es ist nun, wie oben bemerkt, gar nicht unmöglich, dass das wirkliche Maximum nicht immer in diesen Versuchen von mir erhalten wurde, und wenn jemand behaupten wollte, dass ich überhaupt nie das wirkliche Maximum erreicht habe, würde ich eine solche Behauptung nicht bestimmt widerlegen können. Wir können ja desshalb auch annehmen, dass ich nie das wirkliche Maximum erhalten habe, und es fragt sich dann, wie gross der von mir begangene Fehler überhaupt sein dürfte. Es ist selbstverständlich nicht möglich auf diese Frage eine Anwort zu geben, aber hoffentlich wird Niemand mir den Vorwurf machen, dass ich den Fehler zu klein angenommen habe, wenn wir ihn auf etwa 100 % anschlagen. Wir

wollen dies thun, und das wirkliche Maximum würde also als Mittel 0,124 % statt 0,062 % betragen haben. Die nächste Frage wird dann, wie hoch man unter solchen Verhältnissen die ursprüngliche Menge des Fibrinogens schätzen soll.

Für diese Frage dürften meine, mit Lösungen von dem isolirten Fibrinogen angestellten, noch nicht veröffentlichten Versuche vielleicht massgebend sein können. Diese Versuche haben nämlich gezeigt, dass bei günstiger Versuchsanordnung, d. h. nach Zusatz von Serum, Paraglobulin oder sehr kräftigen Fermentlösungen, von der ursprünglichen Fibrinogenmenge 80—90 % oder sogar etwas mehr als Faserstoff sich ausscheiden können. Nun handelt es sich zwar in meinen Versuchen mit Hydroceleflüssigkeiten, in welchen die Gewinnung unter Zusatz von reichlichen Paraglobulinmengen und der zur Auflösung derselben nöthigen Kochsalzmenge erfolgte, um eine günstige Versuchsanordnung; aber nichtsdestoweniger wollen wir annehmen, dass in ihnen von der ursprünglichen Fibrinogenmenge nur etwa 50 % als Faserstoff zum Vorschein gekommen wären. In diesem Falle würde also die Menge des Fibrinogens in den von mir untersuchten Hydroceleflüssigkeiten in Maximo zu etwa 0,248 % zu schätzen sein, eine Menge, die unzweifelhaft gar zu hoch berechnet worden ist.

Wir können doch auch eine andere Berechnung machen. Alexander Schmidt hat ein Mal[1]) aus einer Hydroceleflüssigkeit eine Fibrinmenge von nicht weniger als 0,220 % erhalten, die grösste Faserstoffmenge, die wohl je aus einer Hydroceleflüssigkeit gewonnen worden ist. Wir werden nun zwar bald sehen, dass es in dieser, von Schmidt angeführten Bestimmung, welche den von ihm für die Gerinnung aufgestellten Gesetzen ganz widerspricht, nur um einen Ausnahmefall sich handeln kann, aber nichtsdestoweniger wollen wir von der Zahl 0,220 % ausgehen. Wenn man sich erinnert, dass Schmidt in diesem Falle mehr Faserstoff erhielt als er je früher in einem Transsudate durch Hinzuthun von Paraglobulin aus Blutserum gefunden hatte, und dass er weiter aus derselben Hydroceleflüssigkeit bei anderer Versuchsanordnung nur 0,084 à 0,098 % Faserstoff erhielt, so kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, dass die Gerinnung in jenem Falle unter höchst günstigen Verhältnissen von Statten ging. Wenn

1) Dieses Archiv. Bd. 18.

wir nichtsdestoweniger annehmen, dass in diesem Falle von dem Fibrinogen nur etwa 70 % als Faserstoff sich ausschieden, würden wir also für die Fibrinogenmenge in diesem Falle die Zahl 0,314 % erhalten. Man darf nicht vergessen, dass der erwähnte Schmidt-sche Versuch nur ein Ausnahmefall ist, und dass folglich die Zahl 0,314 %, selbst wenn sie richtig wäre, gar nicht für die Maximalmenge des Fibrinogens in Transsudaten im Allgemeinen massgebend sein könnte. Nun ist aber, allem Anscheine nach, diese Zahl etwas zu hoch und wir können sie also um so weniger als einen richtigen Ausdruck für die Menge des Fibrinogens in Transsudaten gelten lassen.

Wenn wir nichtsdestoweniger annehmen, dass die von mir untersuchten Hydroceleflüssigkeiten als Mittel etwa 0,300 % Fibrinogen enthalten haben, eine Menge, die vielleicht mindestens doppelt so gross als die wirklich darin enthaltene ist, und wenn wir mit dieser Zahl die Menge der gefundenen Globuline vergleichen, welche als Mittel 1,268 % beträgt, so erhalten wir nichtsdestoweniger einen Ueberschuss von mindestens 0,968 % Globulin, welches etwas anderes als Fibrinogen sein muss. Wenn man der von mir verwendeten, bisher von Anderen nicht geprüften $MgSo_4$-methode kein Vertrauen schenken will, so können wir uns an die mit einer anderen Methode, und zwar mit der von Schmidt wiederholt empfohlenen Dialyse erhaltenen Zahlen halten. Die Menge des mit dieser Methode gefundenen Hydroceleglobulins beträgt als Mittel 0,666 %, und es bleibt also selbst in diesem Falle ein Ueberschuss von 0,366 % Globulin, welches nicht Fibrinogen sein kann. Meinestheils betrachte ich doch nur die nach der $MgSo_4$-methode erhaltenen Zahlen als richtig.

Selbst wenn man die Menge des Fibrinogens gar zu hoch berechnet, führen uns also diese quantitativen Versuche ganz unzweifelhaft zu der wichtigen Thatsache, dass diejenigen Hydroceleflüssigkeiten, welche mit dem Schmidt'schen Fibrinfermente allein gar nicht gerinnen und welche nach der Annahme dieses Forschers entweder kein Paraglobulin oder nur Spuren davon enthalten sollen, im Gegentheil neben verhältnissmässig kleinen Fibrinogenmengen in reichlicher Menge noch ein anderes Globulin enthalten. Die nächste Frage wird also, welcher Art dieses Globulin sei.

Von den bisher bekannten thierischen Globulinen gerinnen 2,

das Fibrinogen und das Myosin, bei einer verhältnissmässig niedrigen Temperatur. Das Fibrinogen gerinnt nämlich in einer Lösung, welche 1—5 % NaCl enthält, nach meinen Bestimmungen[1]) bei + 55 à + 52° C. und das Myosin nach Kühnes, neuerdings von Weyl[2]) bestätigten, Angaben bei + 55 à + 60° C. Die zwei anderen Globuline, das Vitellin und das Paraglobulin, gerinnen erst bei höheren Temperaturen. Das Vitellin gerinnt nach Weyl bei + 75° C. oder je nach der Art des Erwärmens bei + 70 à + 80° C. Das Paraglobulin in Kochsalz gelöst, gerinnt am öftesten bei etwa + 75° C., aber wie wir oben gesehen haben, kann die Gerinnungstemperatur je nach dem Salzgehalte, der Concentration und der Art des Erwärmens zwischen + 68 und + 80° C. wechseln.

Es ist also von Interesse zu erfahren, welcher dieser 2 Gruppen das in den Hydrocelefltissigkeiten neben dem Fibrinogen in reichlicher Menge vorhandene Globulin gehört, und ich habe desshalb auch diese Frage zum Gegenstande besonderer Untersuchungen gemacht.

Zu diesen Untersuchungen wählte ich selbstverständlich vor Allem solche Flüssigkeiten, welche die kleinste Faserstoffmenge lieferten, weil es zu hoffen war, dass aus solchen Flüssigkeiten ein von Fibrinogen möglichst wenig verunreinigtes Globulin dargestellt werden könnte. Ich bin dabei auch in der Lage gewesen, einige Male mit solchen Flüssigkeiten zu arbeiten, welche mit Serum, Paraglobulin oder Ferment nur Spuren von Fibrin lieferten, und welche also fast fibrinogenfrei waren. Diese Flüssigkeiten waren nicht serös im Sinne Schmidts[3]), denn während sie ganz fermentfrei waren, enthielten sie noch Spuren von Fibrinogen, und die serösen Flüssigkeiten sind solche, welche in Folge erschöpfender Gerinnungen kein Fibrinogen mehr, aber dagegen nicht unbedeutende Mengen des Fermentes enthalten.

Es ist nun bemerkenswerth, dass solche, fast fibrinogenfreie Transsudate bisweilen sehr bedeutende Globulinmengen enthalten, was ich durch folgende zwei Beispiele zeigen will. Eine solche Flüssigkeit gab bei der Analyse folgende Zahlen: feste Stoffe

1) Upsala Läkareförenings förhandlingar. 1876.

2) Zeitschrift für physiologische Chemie. Bd. I. 1877.

3) Dieses Archiv. Bd. 11. p. 310.

7,49 %; Gesammteiweiss 6,40 %; Globuline 2,42 %; Serumalbumin 3,98 %. Eine andere Flüssigkeit enthielt: feste Stoffe 6,5 %; Gesammteiweiss 5,43 %; Globuline 1,72 %; Serumalbumin 3,71 %. Die Menge der Globuline wurde in beiden Fällen mit der $MgSO_4$-methode bestimmt.

Ich wählte, wie gesagt, zu meinen Untersuchungen vorzugsweise solche Flüssigkeiten, welche möglichst wenig Fibrin lieferten, und zur Darstellung der Globuline wurde die Flüssigkeit genau neutralisirt, mit Wasser stark verdünnt und Kohlensäure durchgeleitet. Der Niederschlag wurde in Wasser mit Hülfe von nur wenig NaCl gelöst und durch Fällen mit reichlichen Mengen Wasser in üblicher Weise gereinigt. Der Niederschlag war ohne Ausnahme von ein wenig Fibrinogen verunreinigt, was sich dadurch kund gab, dass bei dem Erwärmen schon bei etwa + 50 à + 55° C. eine deutliche Opalescens sichtbar wurde. Dass diese Opalescens wirklich von einer Verunreinigung mit einer unbedeutenden Fibrinogenmenge herrührt, finde ich sehr wahrscheinlich, denn ich habe einige Male beobachtet, das dass aus Hydroceleflüssigkeiten isolirte Fibrinogen ebenso wie das Plasmafibrinogen — wenn nur die Lösung nicht zu verdünnt ist — bei etwa + 52 à + 55° C. gerinnt.

Bei meinen Erwärmungsversuchen mit dem Hydroceleglobulin trat, wie oben bemerkt, eine wahrscheinlich von der Verunreinigung mit dem Fibrinogen herrührende Opalescenz schon bei + 50 à + 55° C. auf. Dagegen trat dabei nie eine wirkliche Trübung auf, und durch Filtration konnte die bei + 50 à + 55° C. entstandene Opalescenz nicht vermindert werden. Da sie aber auch die weitere Beobachtung nicht wesentlich störte, konnte die Erwärmung ohne Weiteres fortgesetzt werden. Wenn die Temperatur bei langsamem Erwärmen auf etwa + 67 à + 70° C. gestiegen war, trat eine neue, weit stärkere Opalescenz auf und bei + 72 à + 76° C. fand eine reichliche Gerinnung statt.

Ich habe solche Versuche mehrere Male mit Globulin aus verschiedenen Hydroceleflüssigkeiten angestellt und dabei ohne Ausnahme beobachten können, dass dieses Globulin bei einer weit höheren Temperatur als das Fibrinogen oder Myosin gerinnt, und dass die Gerinnungstemperatur ungefähr dieselbe wie für das Vitellin oder das Serumglobulin ist.

Das Hydroceleglobulin muss also zu denjenigen Globulinen

gerechnet werden, welche die höhere Gerinnungstemperatur zeigen, und insoferne es nicht hier um ein bisher ganz unbekanntes Globulin sich handelt, muss also das Hydroceleglobulin entweder Vitellin oder Paraglobulin sein. Das Vitellin unterscheidet sich bekanntlich von dem Paraglobulin dadurch, dass es durch Eintragen von überschüssigem gepulvertem Kochsalz nicht gefällt wird, und die leichte Fällbarkeit der Hydroceleflüssigkeiten selbst wie auch des aus ihnen dargestellten Globulins durch Kochsalz zeigt also zur Genüge, dass wir es hier nicht mit Vitellin zu thun haben.

Es bleibt also nunmehr nur zwischen dem Paraglobulin und einem anderen bisher ganz unbekannten Globulin die Wahl übrig; da ich aber nun auch gesehen habe, dass das Hydroceleglobulin, abgesehen von der Gerinnungstemperatur, mit dem gewöhnlichen Paraglobulin (Serumglobulin nach Weyl) auch darin übereinstimmt, dass es durch überschüssiges gepulvertes NaCl nur unvollständig gefällt wird, kann ich gar keinen Anstand mehr nehmen, das Hydroceleglobulin als Serumglobulin (Paraglobulin) zu betrachten.

Die s. g. „fibrinogenen" Flüssigkeiten oder wenigstens die „fibrinogenen" Hydroceleflüssigkeiten sind also nicht Fibrinogene in dem Sinne, dass sie nur Fibrinogen enthalten sollen. Sie sind, wie wir gesehen haben, nicht wie Schmidt angenommen hat, ganz frei von Paraglobulin oder nur von Spuren davon verunreinigt, sondern sie enthalten im Gegentheil neben nur kleinen Fibrinogenmengen sehr bedeutende Mengen von Paraglobulin. Dieses Paraglobulin ist doch, wie wir bald sehen werden, ein fibrinoplastisch unwirksames.

Für die Unfähigkeit des Hydroceleglobulins fibrinoplastisch zu wirken, würde wohl kaum ein besonderer Beweis nöthig erscheinen, denn die Nichtgerinnbarkeit dieser Transsudate mit der Schmidt'schen Fermentlösung, trotz ihrem Reichthume an Paraglobulin dürfte wohl an sich schon ein genügender Beweis für die Richtigkeit dieser Behauptung sein. Da indessen gegen einen solchen Beweis der Einwand erhoben werden könnte, dass eine etwaige fibrinoplastische Wirkung des Hydroceleparaglobulins in Folge besonderer, in den Hydroceleflüssigkeiten sich vorfindender Einflüsse vielleicht nicht zur Geltung gelangen könne, habe ich es für obliegend gehalten, auch einige Versuche mit dem isolirten Hydroceleglobulin anzustellen.

Es könnte zwar à priori gegen solche Versuche eingewendet werden, dass eine nicht zu vermeidende Verunreinigung des Hydroceleparaglobulins mit Fibrinogen zu Fehlern Veranlassung geben könnte. Dieser Einwand ist zwar ein berechtigter, und desshalb kann auch eine bei solchen Versuchen vielleicht auftretende Gerinnung oder vermehrte Fibrinausscheidung nicht ohne Weiteres als von einer fibrinoplastischen Wirkung des Globulins herrührend angesehen werden. Wenn dagegen, trotz der Möglichkeit einer solchen Verunreinigung, in diesen Versuchen gar keine Gerinnung stattfände, würden diese Versuche also a fortiori beweisen, dass dem Hydroceleparaglobulin gar keine fibrinoplastische Wirkung zukommt. Nun habe ich in der That auch bei meinen Versuchen mit solchem Paraglobulin nie eine fibrinoplastische Wirkung beobachten können.

Das zu diesen Versuchen verwendete Hydroceleparaglobulin wurde wie oben angegeben dargestellt und gereinigt. Es wurde entweder in Wasser vertheilt oder in schwacher NaCl-solution gelöst der Hydroceleflüssigkeit zugesetzt. Des Vergleiches halber wurde auch in dieser Versuchsreihe stets ein Controllversuch mit typischem, auf dieselbe Weise gereinigtem Paraglobulin angestellt. Es möchte mir gestattet sein, ein paar solche Versuche hier anzuführen.

Versuch X. Das Paraglobulin wurde aus einer Hydroceleflüssigkeit, welche nur Spuren von Fibrinogen enthielt, dargestellt. Bei besonderer Prüfung mit einer Fibrinogenlösung erwies es sich als ganz fermentfrei. Ein Theil dieses Paraglobulins in 5-procentiger NaCl-solution gelöst, gerann bei langsamem Erwärmen der Lösung bei + 75° C.; bei raschem Erwärmen gerann die Lösung bei + 80° C. Das zur Controle verwendete Paraglobulin, aus Rindsblutserum dargestellt, wurde wie das Hydroceleparaglobulin in Wasser vertheilt der Hydroceleflüssigkeit zugesetzt.

Die Hydroceleflüssigkeit war die unter Nr. 8 in der Tabelle aufgeführte, und sie war also dieselbe, welche schon zu dem Versuche Nr. VIII (vergl. oben) benutzt worden war. Von dieser Flüssigkeit wurde gleichzeitig mit den 4 da besprochenen Proben auch eine 5. angeordnet, welche 20 ccm Hydroceleflüssigkeit, 10 ccm des Breies von Hydroceleglobulin, 1 ccm einer 8-procentigen Kochsalzlösung, 2 ccm Haemaglobinlösung und 20 ccm Fermentlösung enthielt. Die absolute Menge des zugesetzten Hydroceleparaglobulins war in diesem Falle 0,265 gr oder auf die fertige Versuchsflüssigkeit berechnet 0,5%. Die Controllprobe mit Serumparaglobulin enthielt 0,586% Paraglobulin auf die fertige Versuchsflüssigkeit berechnet.

In der Probe, welche das Hydroceleparaglobulin enthielt, wurde im Laufe von 72 Stunden gar kein Faserstoff gebildet, während die Controleprobe mit typischem Paraglobulin schon innerhalb 35 Minuten gerann und innerhalb 36 Stunden etwa 0,070 % Fibrin geliefert hatte.

In diesem Versuche zeigte also das Hydroceleparaglobulin nicht die geringste fibrinoplastische Wirkung und dasselbe Verhalten zeigte es auch in den übrigen Versuchen, von denen ich nur noch einen anführen will.

Versuch XI. Das aus einer sehr fibrinogenarmen Hydroceleflüssigkeit dargestellte Paraglobulin wurde in NaCl gelöst, so dass eine Lösung von 1,66 % NaCl und 3,39 % Globulin enthalten wurde. Ein Theil der Lösung von Hydroceleparaglobulin gerann, nachdem der Kochsalzgehalt durch Zusatz von festem NaCl auf 10 % gebracht worden war, bei langsamem Erwärmen bei + 72° C. Dies stimmt gut mit dem Verhalten des Serumglobulins überein, denn dieses gerinnt bei etwas grösserer Concentration auch bei einer etwas niedrigeren Temperatur als sonst. Die Lösung des zur Controle verwendeten Serumparaglobulins enthielt ebenfalls 1,66 % NaCl aber nur 1,49 % Globulin. Die zu dem Versuche verwendete Hydroceleflüssigkeit war die in der Tabelle unter Nr. 2 aufgeführte.

Von dieser Hydroceleflüssigkeit wurden 4 Proben, auf je 20 ccm, mit je 20 ccm Fermentlösung und 1 ccm Haemaglobinlösung versetzt. Die Probe a enthielt ausserdem 10 ccm Wasser; b 10 ccm Kochsalzlösung von 1,66 %, c 10 ccm der Lösung von Hydroceleparaglobulin und d 10 ccm der Lösung von Serumparaglobulin. Der Kochsalzzusatz war also in jeder der 3 Proben b, c und d 0,332 %; der Gehalt an Hydroceleparaglobulin in c war 0,678 % und der Gehalt an Serumparaglobulin in d 0,298 %, alles auf die fertige Versuchsflüssigkeit berechnet.

Das Versuchsergebniss war folgendes: Die Probe d (mit Serumparaglobulin) gerann in weniger als einer Stunde und nach 24 Stunden wurde kein Fibrin mehr gebildet. In keiner der Proben a, b und c trat im Laufe von 60 Stunden ein Gerinnsel oder irgend ein Niederschlag auf. Die Menge des in d ausgeschiedenen Faserstoffes war 0,0525 und die grösste Faserstoffmenge, die ich aus dieser Flüssigkeit gewinnen konnte, war 0,080 %.

Trotzdem, dass in diesem Falle die Menge des Hydroceleparaglobulins eine bedeutend grössere als diejenige des Serumparaglobulins war — erstere war auf die Gesammtflüssigkeit berechnet 0,678 %, letztere dagegen nur 0,298 % — blieb nichtsdestoweniger die Gerinnung in der das Hydroceleparaglobulin enthaltenden Probe gänzlich aus, und es zeigt also auch dieser Versuch sehr schlagend, dass das aus Hydroceleflüssigkeiten isolirte Paraglobulin fibrinoplastisch unwirksam ist.

Ich könnte zwar noch einige Versuche dieser Art anführen, aber ich finde dies gar nicht nöthig, denn der beste Beweis für die Unwirksamkeit des Hydroceleparaglobulins liegt gewiss darin, dass es Hydroceleflüssigkeiten giebt, welche trotz einem nicht unbedeutenden Gehalte an Paraglobulin dennoch nicht mit den Fermentlösungen allein gerinnen.

Die von mir zur Darstellung des Hydroceleglobulins benutzte Methode ist gerade dieselbe, welche zur Darstellung des Serumparaglobulins gewöhnlich benutzt wird, und es kann also hier nicht wie bei den Erwärmungsversuchen eingewendet werden, dass das Globulin durch die Methode selbst eine durchgreifende Veränderung erlitten habe. Hiergegen spricht ausserdem sehr bestimmt die Erfahrung, dass das noch nicht isolirte, in der Hydroceleflüssigkeit schon von vornherein vorhandene Globulin ein fibrinoplastisch unwirksames ist.

Dass das in den „fibrinogenen“ Hydroceleflüssigkeiten neben dem Fibrinogen vorkommende Globulin auch wirklich Paraglobulin ist, habe ich oben, wie ich glaube zur Genüge bewiesen und es steht also fest, dass die von Schmidt als fibrinogene bezeichneten Hydroceleflüssigkeiten nicht unbeträchtliche Mengen von Paraglobulin enthalten.

Die Bedeutung dieser Thatsache ist leicht einzusehen. Die Schmidt'sche Hypothese basirt bekanntlich vor Allem auf dem Verhalten der fibrinogenen Transsudate zu dem Fermente, und der Umstand, dass diese Flüssigkeiten nicht mit dem Fermente allein, sondern erst nach Paraglobulinzusatz gerinnen, führte ihn zu der Annahme, dass in ihnen kein Paraglobulin oder höchstens Spuren von solchem enthalten sein könnten. Diese Annahme ist, wie wir gesehen haben, eine unrichtige; und weit davon, dass mit Hülfe von diesen Flüssigkeiten eine Wechselbeziehung der zwei Globuline bei der Gerinnung sich beweisen lässt, liefern umgekehrt diese Flüssigkeiten einen sehr wichtigen Beweis für die entgegengesetzte Ansicht.

Die Untersuchung dieser Flüssigkeiten hat nämlich gezeigt, dass in ihnen ein fibrinoplastisch unwirksames [1]), aber sonst ganz

1) Wenn ich dem Hydroceleglobulin wie auch dem aus erwärmtem Serum dargestellten Paraglobulin eine fibrinoplastische Wirkung abgesprochen habe, so muss ich doch noch besonders bemerken, dass diese Behauptung zunächst

typisches Paraglobulin enthalten ist, und es geht also aus dieser Untersuchung die wichtige Thatsache hervor, dass die fibrinoplastische Wirkung des Paraglobulins nicht dem Eiweissstoffe selbst zukommt, sondern vielmehr von einem oder auch von mehreren den Eiweissstoff bisweilen verunreinigenden Stoffen herzuleiten ist. Wir müssen also zu der Brücke'schen Anschauung zurückkehren, derzufolge die fibrinoplastische Wirkung von einer Verunreinigung herrühren soll, und damit ist auch ein neuer, sehr wichtiger Beweis für meine Ansicht in der Gerinnungsfrage gewonnen. Nach meiner Ansicht findet nämlich bei der Fibrinogengerinnung keine Wechselbeziehung der zwei Globuline, des Paraglobulins und des Fibrinogengs, statt, sondern es handelt sich dabei um die Gerinnung nur eines Eiweissstoffes, des Fibrinogens.

Die fibrinogenarmen oder noch besser die fibrinogenfreien (nicht serösen) Hydrocelefiüssigkeiten stellen also ein sehr brauchbares Material zur Gewinnung von einem fibrinoplastisch unwirksamen Paraglobulin dar. Ein solches Paraglobulin kann doch, wie wir gesehen haben, auch in anderer Weise — durch wiederholtes Ausfällen mit concentrirter Kochsalzlösung oder durch Er-

---

nur für Versuche mit den möglichst reinen, Schmidt'schen Fermentlösungen Giltigkeit hat. Dagegen will ich damit nicht ausgesagt haben, dass diese Stoffe unter allen Umständen in fibrinoplastischer Hinsicht ganz wirkungslos sind, ebenso wenig wie ich behaupten wollte, dass die Neutralisation mit einer Säure unter allen Umständen fibrinoplastisch unwirksam sein sollte. Man kann nämlich oft beobachten, dass die Neutralisation einer Hydrocele-flüssigkeit bei Zusatz von einer schwach wirkenden Fermentlösung ohne Erfolg bleibt, bei Anwendung von einer kräftigeren Fermentlösung dagegen eine nicht unbedeutende Vermehrung des ausgeschiedenen Faserstoffes bewirken kann. Ebenso können vielleicht auch andere Stoffe vermöge ihrer Affinität zu dem Alkali oder den anderen gerinnungshemmenden Stoffen unter günstigen Umständen fibrinoplastisch wirken, während sie bei Versuchen mit den im Allgemeinen fermentarmen Schmidt'schen Lösungen wirkungslos bleiben. Ich will also mit dem Obigen nicht gesagt haben, dass diese Globuline unter keinen Verhältnissen eine fibrinoplastische Wirkung zeigen können, sondern ich will nur sagen, dass sie bei derjenigen Versuchsanordnung, welche von Schmidt als die allein beweisende betrachtet wird, als fibrinoplastisch unwirksam sich zeigen. Die Wirksamkeit der zu diesen Versuchen verwendeten Schmidt'schen Fermentlösungen wurde stets durch besondere Versuche mit reinen Fibrinogenlösungen controlirt.

wärmen des Serums auf + 58° C. — erhalten werden, und es ist nun, wie ich oben angedeutet habe, nicht unwahrscheinlich, dass das Verschwinden der fibrinoplastischen Wirkung in diesen beiden Fällen davon herrühre, dass durch das wiederholte Fällen oder das Erwärmen eine die fibrinoplastische Wirkung bedingende Verunreinigung entfernt, resp. zerstört werde.

Wenn aber das Paraglobulin seine fibrinoplastische Wirkung nur einer Verunreinigung mit anderen Stoffen zu verdanken hat, so fragt es sich demnächst, welcher Art diese, das Paraglobulin verunreinigenden Stoffe sein können. Um der Beantwortung dieser Frage etwas näher zu treten, wollen wir zuerst fragen, ob es für die auf verschiedene Weise oder aus verschiedenen Flüssigkeiten dargestellten, fibrinoplastisch unwirksamen Paraglobuline etwas Gemeinsames giebt, welches mit ihrer Unfähigkeit einer fibrinoplastischen Wirkung in Zusammenhang gestellt werden könnte. Es ist nicht zu läugnen, dass sie in dieser Beziehung alle etwas Gemeinsames haben, und dieses besteht darin, dass sie alle fermentfrei sind.

Das durch 3—4 maliges Ausfällen mit gesättigter Kochsalzlösung veränderte Paraglobulin kann, was ich durch Versuche bewiesen habe, fibrinoplastisch unwirksam erhalten werden, aber in diesem Falle ist es auch fermentfrei oder enthält höchstens Spuren davon. Bei einer etwas stärkeren Verunreinigung mit dem Fermente wirkt es fibrinoplastisch, und bei reichlicher Verunreinigung mit diesem Stoffe wirkt es ebenso stark fibrinoplastisch wie das typische Paraglobulin. Das aus erwärmtem Serum dargestellte Paraglobulin ist auch nur dann fibrinoplastisch unwirksam, wenn es höchstens Spuren von dem Fermente enthält; bei stärkerer Verunreinigung damit ist es auch fibrinoplastisch wirksam. Endlich ist das aus den Hydroceleflüssigkeiten dargestellte völlig fermentfreie Paraglobulin auch fibrinoplastisch ganz unwirksam.

Mit Ausnahme von der Abwesenheit des Fibrinfermentes ist es gegenwärtig nicht möglich irgend einen bestimmten Unterschied zwischen dem letztgenannten, fibrinoplastisch unwirksamen Paraglobulin einerseits und dem typischen Paraglobulin andrerseits aufzuweisen, und die Annahme liegt also gewiss sehr nahe, dass die fibrinoplastische Wirkung des typischen Paraglobulins durch eine Verunreinigung mit dem sogenannten Fibrinfermente zu erklären sei.

Es giebt nun in der That auch eine andere, wichtige Thatsache, welche einer solchen Auffassung unzweifelhaft in hohem Grade das Wort redet, und diese Thatsache ist das Verhalten der nach einer neuen Methode von mir dargestellten, paraglobulinfreien Fermentlösungen zu den mit Schmidts Fermentlösungen nicht gerinnenden Transsudaten.

Die nach Schmidts Methode bereiteten Fermentlösungen enthalten, wenn sie von Paraglobulin möglichst wenig verunreinigt sein sollen, stets so wenig Ferment, dass sie schon aus diesem Grunde zu Versuchen mit Transsudaten nur wenig brauchbar sind. Ich habe mich desshalb auch bemüht eine neue Methode zur Darstellung des Fibrinfermentes ausfindig zu machen (die nach meiner früheren Methode vergl. Malys Jahresbericht Bd. VI, dargestellten Lösungen sind nämlich ebenfalls zu fermentarm) und ich bin dabei von dem Gedanken geleitet worden, dass absolut paraglobulinfreie Fermentlösungen mit Sicherheit nur aus einem paraglobulinfreien Rohmateriale zu erhalten sind. Ich gehe desshalb, bei der Darstellung von dem Fermente, nunmehr stets von dem mit Magnesiumsulfat gesättigten, von Paraglobulin vollständig befreiten Serum, am besten Rindsblutserum, aus.

Ueber die Darstellung dieser Fermentlösungen werde ich passender in einer der folgenden Abhandlungen berichten, und ich will desshalb hier nur die Grundzüge der Methode angeben. Durch passenden Alkalizusatz zu dem mit $MgSO_4$ gesättigten, mit Wasser stark verdünnten Serumfiltrate wird ein Niederschlag von Magnesiumhydrat erzeugt, welches das Ferment (mechanisch oder als chemische Verbindung?) mit niederreist. Der Niederschlag wird in Wasser durch Essigsäurezusatz gelöst und darauf entweder das Magnesiumacetat durch Dialyse entfernt oder das Ferment, unter gewissen Cautelen, mit Alkohol gefällt.

In dieser Weise habe ich Fermentlösungen darstellen können, welche bisweilen mit einer erstaunenswerthen Energie auf das Fibrinogen wirken. Ich habe also einige Male Fermentlösungen erhalten, welche meine Fibrinogenlösungen in weniger als einer Minute bei Zimmerwärme coagulirten, und welche auch in den mit Schmidts Fermentlösungen nicht gerinnenden Hydrocelefiüssigkeiten innerhalb 10—15 Minuten bisweilen eine schöne Gerinnung einleiteten. Ich will doch nicht verschweigen, dass auch diese Methode bisweilen nur schlechte Resultate giebt, indem

bisweilen auch mit ihr nur schwach wirkende Fermentlösungen erhalten werden. Uebrigens bemerke ich ausdrücklich, dass diese Fermentlösungen nie ganz rein sind; im Gegentheil enthalten sie stets in nicht unbedeutender Menge Serumalbumin, welches mit dem Magnesiumhydrate, wahrscheinlich als eine chemische Verbindung, in reichlicher Menge sich ausscheidet. Die Menge des Serumalbumins ist gewöhnlich grösser als in den Schmidt'schen Fermentlösungen, aber dagegen haben meine Fermentlösungen, welche ich der Kürze halber in der Folge Magnesiumfermentlösungen nennen will, den grossen Vorzug, dass sie bei gelungener Darstellung neben einem sehr grossen Fermentreichthum auch absolut paraglobulinfrei sind. Es kann nämlich durch keine der bisher bekannten Methoden, also weder durch Verdünnen mit Wasser und CO_2-Durchleitung oder Essigsäurezusatz, noch durch Dialyse oder durch Sättigung mit $MgSO_4$ in diesen Fermentlösungen eine Spur von Paraglobulin nachgewiesen werden.

Es ist nun sehr bewerkenswerth, dass diese Fermentlösungen, trotz ihrer absoluten Freiheit von Paraglobulin bisweilen ausserordentlich kräftig auf solche Transsudate wirken, welche mit den Schmidt'schen Fermentlösungen keine Gerinnung zeigen. Dem entsprechend ist es mir auch ohne Ausnahme gelungen, in den oben in der Tabelle angeführten Hydroceleflüssigkeiten, welche mit dem Schmidt'schen Fermente nicht geronnen, Gerinnungen zu erzeugen, wenn nur die Lösungen reich an Ferment waren. Wenn sie dagegen, nach der Geschwindigkeit zu urtheilen, mit welcher sie auf reine Fibrinogenlösungen wirkten, ebenso fermentarm wie die Schmidt'schen Fermentlösungen waren, konnte durch jene ebenso wenig wie durch diese in den Transsudaten eine Gerinnung zn Stande gebracht werden.

Es verdient nun weiter im höchsten Grade der Beachtung, dass ich mit diesen Lösungen in den in Rede stehenden Hydroceleflüssigkeiten nur nicht überhaupt Gerinnungen, sondern bisweilen sogar eben so reichliche oder noch reichlichere Gerinnungen wie mit Serum oder recht bedeutenden Paraglobulinzusätzen erzeugen konnte. Ich werde dies in einer der folgenden Abhandlungen durch eine ziemlich grosse Zahl von Versuchen näher zeigen, was um so wichtiger sein muss, als hier noch ein neuer Beweis für die Ansicht vorliegt, dass die fibrinoplastische Substanz etwas anderes als die Globulinsubstanz, das Paraglobulin ist.

Es scheint mir, wie oben gesagt, aus mehreren Gründen passender zu sein, erst in einer besonderen Abhandlung etwas näher auf diese Fermentlösungen und ihre Wirkungen einzugehen; aber wenn wir das schon Gesagte uns vergegenwärtigen, so haben wir also zwei wichtige Erfahrungen gemacht. Wir haben nämlich einerseits gefunden, dass das ganz fermentfreie Hydroceleparaglobulin fibrinoplastisch unwirksam ist, und andererseits haben wir auch gefunden, dass es auch möglich ist, absolut paraglobulinfreie Fermentlösungen darzustellen, welche dieselbe Wirkung wie das von dem Fermente verunreinigte Paraglobulin ausüben können.

Wollte man aus diesen Beobachtungen irgend einen Schluss ziehen, so würde gewiss keiner näher liegen als derjenige, dass die fibrinoplastische Wirkung des Paraglobulins nur durch Verunreinigung mit dem Fermente bedingt wäre. Bevor man eine solche Folgerung macht, muss man doch eine andere Möglichkeit in Erwägung ziehen, und diese Möglichkeit besteht darin, dass das Paraglobulin vielleicht von zwei Stoffen verunreinigt sein könnte, von denen der eine das Ferment und der andere ein noch unbekannter fibrinoplastisch wirkender Stoff sein würde. Man müsste dann weiter annehmen, dass bei dem Erwärmen des Serums gleichzeitig mit der Zerstörung des Fermentes auch eine Zerstörung der zweiten hypothetischen Substanz stattfände. In den Hydrocelefiüssigkeiten würde ein weder von dem Fermente noch von der zweiten, fibrinoplastisch wirkenden Substanz verunreinigtes Paraglobulin enthalten sein, und in den Schmidt'schen Fermentlösungen würde also nur das Ferment, in den Magnesiumfermentlösungen dagegen neben dem Fermente noch der zweite hypothetische Stoff vorkommen.

Es ist klar, dass man nur durch sehr dringende Gründe und sehr schlagende Beweise zu einer solchen verwickelten Annahme sich entschliessen kann, und es fragt sich also, ob gegenwärtig irgend einige solche Gründe oder Beweise vorliegen. Es ist nicht zu läugnen, dass gewisse Beobachtungen für eine solche Annahme sprechen können; aber vor Allem giebt es eine Beobachtung Schmidt's, welche nur durch eine solche Annahme mit meinen Beobachtungen zu vereinbaren ist. Diese Beobachtung betrifft das Verhalten des Hühnereiweissglobulins bei der Gerinnung.

Alex. Schmidt hat bei mehreren Gelegenheiten behauptet, dass aus dem Hühnereierweiss ein ganz fermentfreies Paraglobulin

dargestellt werden könne, und diese Paraglobulin soll seinen Beobachtungen zufolge in hohem Grade fibrinoplastisch wirksam sein. Wenn diese Angaben richtig sind, und wenn also in dem Hühnereierweiss ein fermentfreies aber fibrinoplastisch wirksames Paraglobulin vorkommt, so muss dies unzweifelhaft beweisen, dass nicht das Fibrinferment die fibrinoplastische Substanz sein kann. Wenn nun weiter in gewissen Hydroceleflüssigkeiten ein fibrinoplastisch unwirksames Paraglobulin vorkommt, während das Eiereiweissglobulin fibrinoplastisch wirksam ist, so muss man wohl ohne Zweifel annehmen, dass das letztere von einer besonderen, fibrinoplastisch wirkenden Substanz verunreinigt sei.

Es muss also jetzt von grosser Wichtigkeit sein, das Verhalten des Eierweissglobulins zum Gegenstande eingehenderer Untersuchungen zu machen, und ich habe desshalb auch mit diesem Stoffe einige Versuche angestellt. Ich habe dabei die Angabe Schmidts von der Abwesenheit des Fibrinfermentes in dem Eierweiss bestätigen können, aber in Bezug auf die fibrinoplastische Wirkung des Eiereiweissglobulins bin ich noch nicht zu ganz entscheidenden Resultaten gekommen. Ich will zwar nicht die Möglichkeit in Abrede stellen, dass in dem Hühnereierweiss ein fibrinoplastisch kräftig wirkendes Paraglobulin enthalten sein kann, denn vielleicht hat Schmidt über diesen Gegenstand eine grössere Erfahrung als ich gesammelt. Mir ist aber der sichere Nachweis von einer solchen Substanz noch nicht gelungen, und der Grund, warum ich noch zu keinen entscheidenden Resultaten gelangt bin, liegt darin, dass die Versuche mit Hühnereiweissglobulin gar nicht so einfach sind, wie man glauben sollte. Wir werden vielmehr bald sehen, dass den mit Hühnereiweissglobulin bisher erhaltenen Versuchsergebnissen wohl kaum gegenwärtig eine richtige Deutung gegeben werden könnte.

Ich verfuhr bei meinen Versuchen, das Hühnereierweissglobulin darzustellen, genau nach den Angaben Schmidts in dem von ihm (in diesem Archive Bd. XIII. pp. 117 u. 118) beschriebenen Versuche. Das mit dem gleichen Vol. Wasser verdünnte Hühnereiweiss wurde filtrirt, das Filtrat genau neutralisirt wiederum filtrirt und darauf einer raschen Dialyse unterworfen. Nach beendeter Dialyse verdünnte ich mit Wasser und leitete einen Kohlensäurestrom durch. Nach dem Absetzen des Niederschlages wurde die Flüssigkeit abdecantirt und der Niederschlag mit CO_2-

haltigem Wasser gewaschen, worauf ich den zuletzt erhaltenen, in Wasser vertheilten Bodensatz nicht wie Schmidt durch Zusatz von festem NaCl, sondern durch Zusatz von einer 3—5 procentigen NaCl-solution zu lösen versuchte. Es ist mir dabei nie gelungen, eine vollständige Auflösung des Niederschlages zu erzielen, sondern es, blieb stets ein Theil als eine stark gequollene, äusserst schwer abzufiltrirende Masse in der Flüssigkeit vertheilt. In einigen Fällen hatte es den Anschein, als würde der Niederschlag fast sogleich zum allergrössten Theile gelöst, aber nach einigen Stunden oder am folgenden Tage hatte die Flüssigkeit das Aussehen einer dünnen Gallerte oder eines dünnen Kleisters angenommen, und sie enthielt nun eine nicht unbedeutende Menge ungelöster, stark gequollener Substanz. Zu demselben Resultate kam ich auch bei Anwendung von stärkerer Kochsalzlösung.

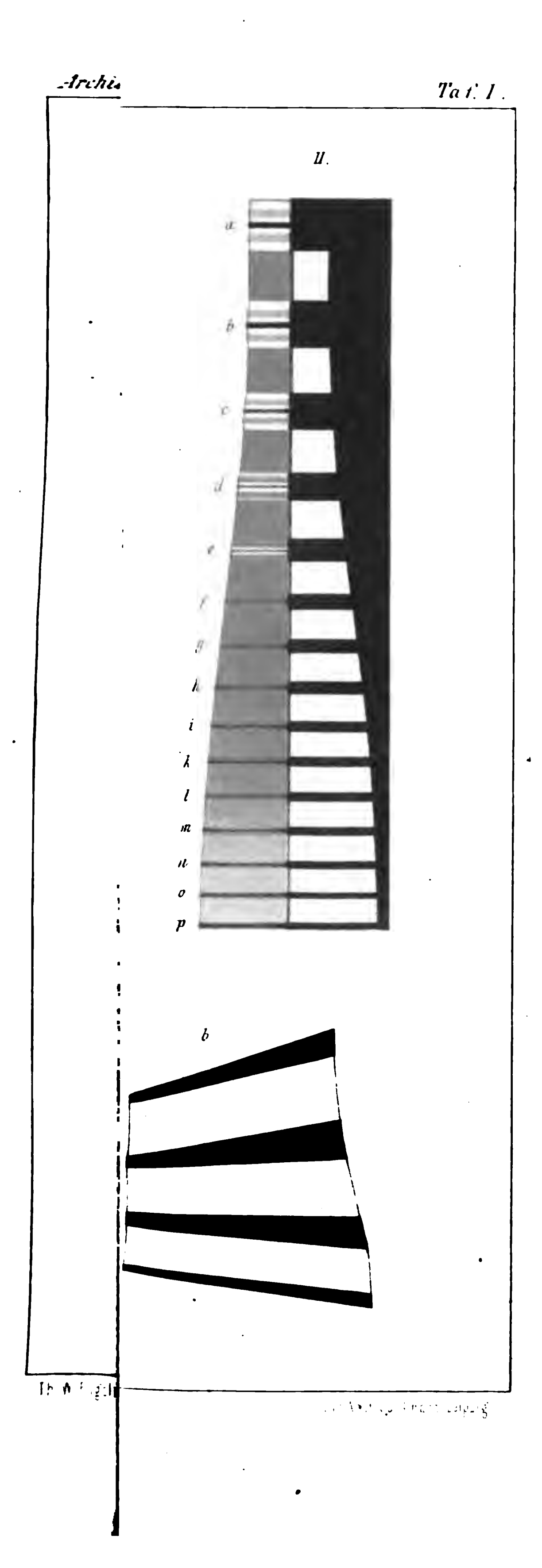
Um einige Aufschlüsse darüber zu gewinnen, wie gross der in verdünnter NaCl-solution gelöste Theil des Eiweissniederschlages sein könnte, habe ich einige Male den ungelösten Theil abfiltrirt und den Gehalt des Filtrates an Eiweiss bestimmt. Ich habe dabei nur selten mehr als 1 % Eiweiss in Lösung gefunden, oft enthielt das Filtrat kaum 0,5 % Eiweiss, welches als Globulin aufzufassen war. Um dies durch ein Beispiel zu zeigen, will ich folgenden Fall anführen, in welchem ich etwa 300 ccm unverdünntes Eiweiss in Arbeit genommen hatte und wo die Menge des durch Decantation ausgewaschenen Bodensatzes zuletzt etwa 15 ccm betrug. Nach Zusatz von dem gleichen Volumen NaCl-solution von 5 % enthielt das Gemenge 1,104 % Eiweiss, aber von diesen waren nur 0,455 % in NaCl von 2,5 % löslich, während 0,649 % darin unlöslich waren. In anderen Fällen löste sich zwar ein grösser Theil des Niederschlages, aber nie konnte ich die ganze Fällung in verdünnter NaCl-solution lösen.

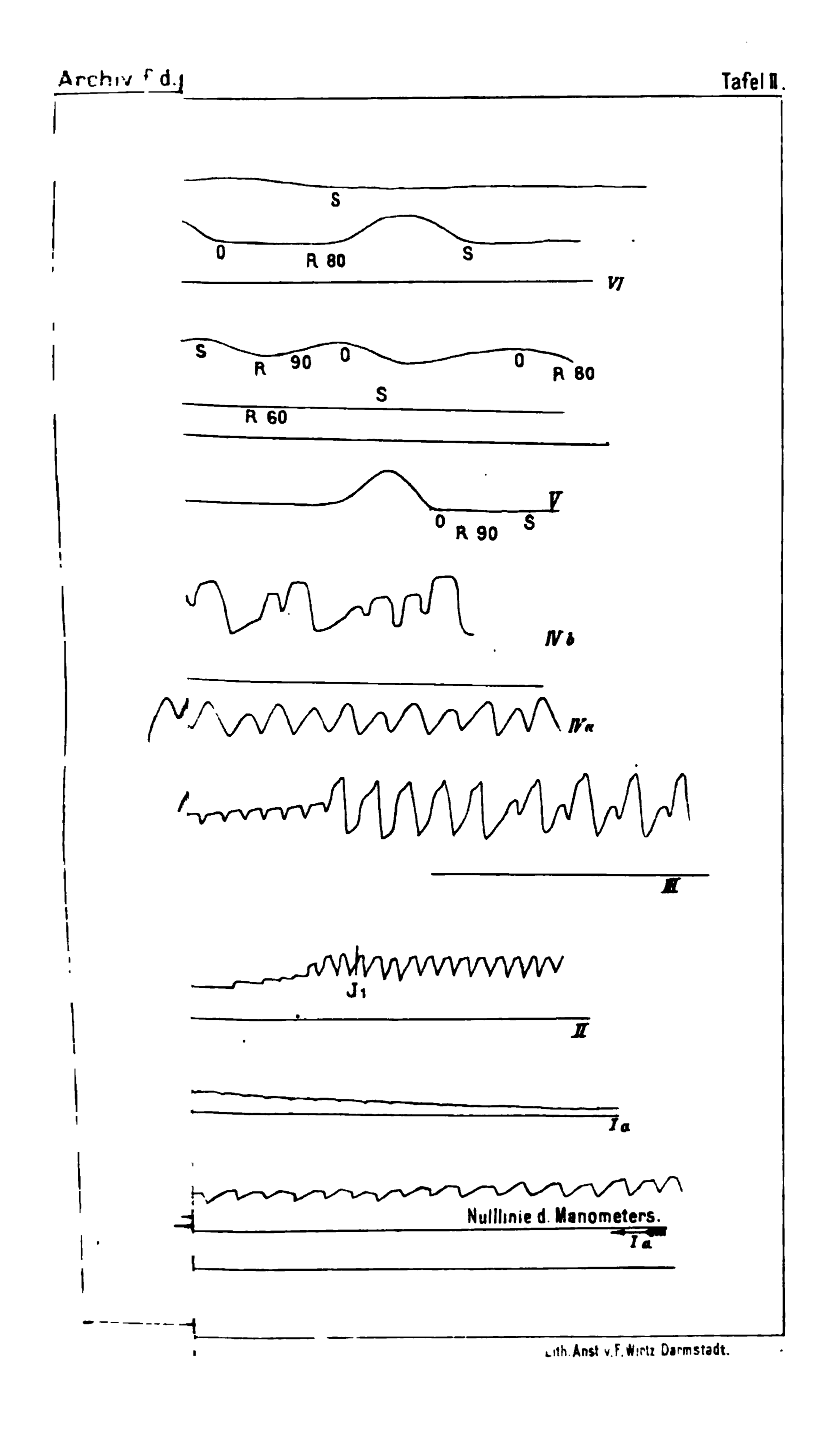
Der nach Schmidts Angaben aus dem Hühnereierweiss dargestellte Stoff konnte also nach meinen Versuchen nur zum Theil aus Paraglobulin bestehen; der Rest war ein Albuminat oder jedenfalls ein Globulin von weit geringerer Löslichkeit als das gewöhnliche Paraglobulin. Es könnte dies vielleicht darauf beruhen — und ich war auch selbst zuerst dieser Ansicht — dass das Paraglobulin während der Procedur der Darstellung in einen unlöslichen Stoff sich verwandelt hätte; aber wenn man dies annehmen will, muss man auch zugeben, dass diese grosse Veränder-

Versuch bei einer eingehenderen Prüfung mit den frühei Versuchsergebnissen Schmidts im grellsten Widerspruche si befindet.

Es ist wahr, dass die Menge des gebildeten Faserstoffes diesem Falle eine sehr grosse war, aber in welchem Verhältnis steht die Menge des Faserstoffes zu der Menge des zugesetzt Paraglobulins? Wir werden sehen, dass dieses Verhältniss nicl nur mit allen anderen, von Schmidt ausgeführten Versuchei sondern auch mit den von ihm aufgestellten Gesetzen in scharfei Widerspruche steht.

Schmidt hat für die „Faserstoffgerinnung" das Gesetz aufgestellt, dass das Fibrin stets aus einem grossen Ueberschusse an Paraglobulin hervorgehen soll, und er hat weiter bestimmte Gesetze für die Abhängigkeit der Faserstoffmenge von der Menge des Paraglobulins aufgestellt. Man kann auch berechnen, dass in den früheren Versuchen Schmidts auf je ein Gewichtstheil des ausgeschiedenen Faserstoffes 3—16 Gewichtstheile Paraglobulin zugesetzt worden waren, und nun begegnet man hier plötzlich einem Versuche, in welchem die grösste, bisher aus einem Transsudate gewonnene Fibrinmenge nach Zusatz von einer, gegenüber der sonst nöthigen, fast verschwindend kleinen Menge Paraglobulin erhalten wurde. In diesem Versuche kann unmöglich der Faserstoff aus einem Ueberschusse von zugesetztem Paraglobulin überhaupt, geschweige denn aus einem grossen Ueberschusse, hervorgegangen sein, denn in diesem Falle war, im Widerspruche zu den Gesetzen und den früheren Versuchen Schmidts, die Menge des zugesetzten Paraglobulins kleiner als die Menge des ausgeschiedenen Faserstoffes. Die absolute Menge des Faserstoffes war nämlich 0,066 gr und diejenige des zugesetzten Paraglobulins allem Anscheine nach kleiner als 0,044 gr. Selbst wenn wir die Menge der in dem Hühnereierweiss vorhandenen, durch Dialyse und CO_2 fällbaren Eiweisssubstanz, statt des von Schmidt gefundenen Maximum 0,148 % auf 0,2 % berechnen, würde die absolute Menge des in diesem Versuche ausgefällten Eiweisses nicht mehr 0,060 gr betragen haben. Wenn wir uns nun erinnern, dass von diesem Niederschlage ein Theil in NaCl-lösung von 1,5 % unlöslich war und demnach nicht aus Paraglobulin bestehen konnte, so finden wir also, dass, selbst wenn die ursprüngliche Globulinmenge in dem Hühnereierweiss gar zu hoch berechnet


II.
a
b
c
d
e
f
g
h
i
k
l
m
n
o
p
b



Lith. Anst. v. F. Wirtz Darmstadt.

wird und selbst wenn bei dem Auswaschen und der Decantation gar keine Verluste stattgefunden hätten, die Menge des zugesetzten Hühnereiweissparaglobulins unter allen Umständen doch kleiner als die Menge des gebildeten Faserstoffes gewesen sein muss.

Wenn man den in diesem Versuche zur Erzeugung von einer bedeutenden Fibrinmenge erforderlichen, verhältnissmässig sehr unbedeutenden Paraglobulinzusatz mit den grossen Zusätzen von typischem Paraglobulin vergleicht, welche in Schmidt's übrigen Versuchen zur Erzeugung von einem weit kleineren Faserstoffzuwachs erforderlich waren, und wenn man weiter bedenkt, dass dieser Versuch mit Hühnereiweissglobulin den von Schmidt für die Wirkung des gewöhnlichen Paraglobulins aufgestellten Gesetzen ganz widerspricht, dürfte es wohl kaum möglich sein, in diesem Versuche ohne Weiteres eine gewöhnliche Paraglobulinwirkung anzunehmen. Die von Schmidt beobachtete, ungemein kräftige, fibrinoplastische Wirkung der zugesetzten kleinen Paraglobulinmenge scheint wohl vielmehr darauf zu deuten, dass entweder die fibrinoplastische Wirkung in diesem Falle von einer reichlich vorhandenen, das Paraglobulin verunreinigenden Substanz herzuleiten sei, oder auch, dass dem Hühnereierweissglobulin eine weit kräftigere fibrinoplastische Wirkung als dem Serumglobulin zukomme. Unter keinen Umständen dürfte es doch erlaubt sein, aus diesem Versuche bestimmte Schlüsse zu ziehen, und wenn man bedenkt, dass dieser Versuch der einzige, bisher etwas ausführlicher veröffentlichte ist, werde ich hoffentlich auf Zustimmung rechnen können, wenn ich den bisher mit Hühnereiweissglobulin angestellten Versuchen keine unbedingte Beweiskraft zuerkennen kann.

Es müssen also, wie ich früher angedeutet habe, erst weitere mit genügender Controle ausgeführte Versuche veröffentlicht werden, bevor man dem aus Hühnereierweiss erhaltenen Niederschlage eine fibrinoplastische Wirkung im Sinne Schmidts zuerkennen könne. Ich habe desshalb auch meine Aufmerksamkeit dieser Frage zugewendet, aber noch ist der sichere Nachweis von einem fibrinoplastisch wirkenden Paraglobulin in dem Hühnereiweisse mir nicht gelungen. Ich will doch damit nicht die Möglichkeit in Abrede stellen, dass in Uebereinstimmung mit den Angaben Schmidt's, in dem Hühnereiereiweisse ein solches, fibrinoplastisch wirkendes Globulin enthalten sein könne. Die hierher gehörenden Versuche sind nämlich nicht nur mit gewissen

Schwierigkeiten verbunden, sondern sie müssen auch, so weit ich finden kann, vielfach variirt werden, damit sie zu sicheren Schlüssen führen können. Aus diesem Grunde werde ich auch erst in einer der folgenden Abhandlungen, nachdem ich eine noch grössere Erfahrung gesammelt habe, über meine diesen Gegenstand betreffenden Untersuchungen berichten, und die Frage, ob es ausser dem Fibrinfermente noch einen besonderen, bisher nicht isolirten, das Serum- und das Hühnereiweissparaglobulin verunreinigenden, aber in gewissen Hydroceleflüssigkeiten nicht vorkommenden, fibrinoplastisch wirkenden Stoff gebe, muss ich also gegenwärtig als eine offene bezeichnen.

In seinen, in diesem Archive (Bd. XIII) erschienenen, gegen meine erste Abhandlung in der Fibrinfrage [1]) gerichteten Bemerkungen hat Schmidt einige Annahmen gemacht, durch welche die Reinheit meiner Fibrinogenlösungen verdächtig werden könnte. Ich habe zwar in meiner Antwort auf diese Bemerkungen (d. Archiv Bd XIV) die Grundlosigkeit einiger dieser unbewiesenen Annahmen auf Grundlage der damals bekannten Thatsachen gezeigt, aber nichtsdestoweniger habe ich es für meine Pflicht erachtet, nichts zu unterlassen, was zur Aufklärung dieser Fragen dienen könnte. Aus diesem Grunde habe ich auch diese Annahmen Schmidts so weit möglich einer experimentellen Prüfung unterworfen.

Die erste Annahme, durch welche eine Verunreinigung meiner Fibrinogenlösungen mit Paraglobulin wahrscheinlich gemacht werden könnte, bestand darin, dass nach Schmidt das Paraglobulin vielleicht aus dem Plasma leichter als aus dem Serum mit Neutralsalzen gefällt werden könnte. Ich habe diese Möglichkeit zuerst in Erwägung gezogen.

Wenn dem Plasmaparaglobulin wirklich eine grössere Fällbarkeit als dem Serumparaglobulin zukäme, könnte dies daher rühren, dass entweder das Plasmaparaglobulin an sich eine leichter fällbare Substanz als das Serumparaglobulin sei, oder auch daher, dass in dem Plasma besondere, die Ausfällung des Paraglobulins begünstigende Stoffe oder Umstände vorhanden seien. Die Annahme, dass das Plasmaparaglobulin an sich eine leichter fällbare Substanz als das entsprechende Serumparaglobulin sein würde, habe ich nicht nöthig durch weitere Versuche zurückzuweisen. Ich

1) Nova Acta Reg. Soc. Scient. Ups. Ser. III. Vol X. I.

habe nämlich schon oben, bei Besprechung der Fällbarkeit des Paraglobulins durch gesättigte Kochsalzlösung, die Aufmerksamkeit darauf lenken können, dass gerade die am wenigsten fällbaren Lösungen von Paraglobulin aus dem $MgSO_4$-plasma erhalten wurden. Wenn das isolirte Plasmaparaglobulin eine andere Fällbarkeit als das Serumparaglobulin besitzt, muss also der Unterschied der Art sein, dass die Fällbarkeit des Plasmaparaglobulins eine geringere ist. Wahrscheinlich existirt kein nennenswerther Unterschied, aber jedenfalls kann nicht das Plasmaparaglobulin als die am leichtesten fällbare Substanz bezeichnet werden.

Die Möglichkeit, dass in dem Plasma vielleicht besondere Umstände zur Geltung kommen, durch welche das Paraglobulin aus dieser Flüssigkeit leichter als aus dem Blutserum zu fällen sei, kann selbstverständlich nicht leicht einer experimentellen Prüfung unterworfen werden. Als ein constanter Unterschied zwischen dem Plasma und dem Serum wird die grössere Alkalescenz des letzteren gewöhnlich angeführt, und es ist also sehr wohl denkbar, dass der geringere Alkaligehalt des Plasmas eine leichtere Ausfällung des Paraglobulins aus dieser Flüssigkeit gestatten werde. Um über diese Frage Aufschlüsse su gewinnen, habe ich Versuche mit dem Serum angestellt, und ich verfuhr dabei so, dass ich das letztere in 2 gleich grosse Portionen theilte, in der einen mit Zehntelnormalchlorwasserstoffsäure das Alkali mehr weniger vollständig neutralisirte und die andere nur mit der entsprechenden Menge Wasser versetzte. Darauf wurde jede Probe mit $^1/_2$—$^1/_3$ Vol. $MgSo_4$-saturation versetzt und jede so bereitete Probe mit dem gleichen Vol. gesättigter Kochsalzlösung wie bei der Fibrinogenbereitung gefällt.

Es trat bei diesen Versuchen die unerwartete Erscheinung auf, dass in den Fällen, wo überhaupt in dem Serum eine Fällung zu Stande kam, die neutralisirte Probe als die weniger fällbare sich zeigte. Am schlagendsten trat dies in einigen Fällen bei vollständiger Neutralisation hervor. In diesen Fällen kam in der neutralisirten Probe im Laufe von einem Tage keine Trübung zum Vorschein, während in dem alkalischen Serum schon nach Verlauf von einigen Stunden eine deutliche Trübung oder Fällung sichtbar wurde. Nach kürzerer oder längerer Zeit trat auch in der weniger alkalischen Probe eine Trübung auf; aber bei der quantitativen Bestimmung, welche gewöhnlich erst nach 48—72

Stunden vorgenommen wurde, konnte ich keinen nennenswerthen Unterschied zwischen den in beiden Proben ausgefällten Mengen nachweisen. In dem einen Falle enthielt die alkalische, in dem anderen die etwas neutralisirte Probe etwas mehr gefällte Substanz, aber der Unterschied war stets so klein, dass er ganz innerhalb der Fehlergrenzen sich bewegte. Es scheint mir also, als ob die beiden Proben nach längerer Zeit etwa dieselbe Menge ausgefällte Substanz enthielten, aber die Geschwindigkeit, mit welcher der Niederschlag auftritt, scheint in der weniger stark alkalischen Probe eine geringere zu sein. Diese Versuche sprechen also nicht zu Gunsten einer grösseren Fällbarkeit des Paraglobulins aus dem weniger stark alkalischen Plasma.

Auch in anderer Weise habe ich die Fällbarkeit des Serum- und des Plasmaparaglobulins zu vergleichen versucht, und da bei der Fibrinogenbereitung gewöhnlich nur das $MgSO_4$-plasma in Betracht kommt, habe ich auch dieses Plasma mit dem Serum verglichen. Aus dem Serum kann, wie ich oben gezeigt habe, das Paraglobulin nie durch überschüssiges NaCl vollständig ausgefällt werden, und dasselbe gilt auch von dem mit $MgSO_4$ versetzten Serum, wenn auch aus dem letzteren eine grössere Globulinmenge als aus dem normalen Serum gefällt wird. Wenn nun das Plasmaparaglobulin leichter als das Serumglobulin durch Salze zu fällen wäre, könnte man auch erwarten, dass eine vollständige Ausfällung des Paraglobulins aus dem $MgSO_4$-plasma vielleicht durch überschüssiges NaCl zu erreichen sein würde. Dem ist aber nicht so und das Paraglobulin wird ebensowenig aus dem $MgSO_4$-plasma wie aus dem Serum durch überschüssiges NaCl vollständig gefällt. Der zurückbleibende, nicht ausgefällte Rest von Paraglobulin ist ein gar nicht unbeträchtlicher, und das einzige bisher bekannte Mittel, welches eine vollständige Ausfällung und quantitative Bestimmung des Paraglobulins gestattet, ist für das $MgSO_4$-plasma wie für das Serum das feingepulverte $MgSO_4$.

Wenn aber das Plasmaparaglobulin durch NaCl nicht vollständig gefällt werden kann, so schliesst doch diese Beobachtung selbstverständlich gar nicht die Möglichkeit aus, dass dieses Paraglobulin dennoch eine grössere Fällbarkeit als das Serumparaglobulin besitze. Zur Entscheidung von dieser Frage dürfte nun vielleicht das Magnesiumsulfat ein geeignetes Mittel sein. Mit diesem Salze kann man nämlich oft, aber gar nicht immer, eine

so vollständige Ausfällung des Paraglobulins aus dem Pferdeblutserum bewirken, dass durch Auflösen von noch grösseren Mengen des Sulfates, beim Erwärmen des Serums auf mehr als 30° C., nicht die geringste Trübung entsteht. Wenn nun das Paraglobulin aus dem Plasma leichter als aus dem Serum gefällt wurde, könnte man also erwarten, dass in denjenigen Fällen, wo die Ausfällung des Paraglobulins aus dem Pferdeblutserum bei Zimmerwärme mit $MgSO_4$ nicht ganz vollständig gelingen wollte, vielleicht eine vollständige Ausfällung des Paraglobulins aus dem entsprechenden Plasma zu erreichen sein würde.

Von diesem Gedanken ausgehend, habe ich die Fällbarkeit des von demselben Individuum stammenden $MgSO_4$-plasma und $MgSO_4$-serum durch Sättigung mit überschüssigem $MgSO_4$ bei Zimmerwärme geprüft. Das Plasma und das Serum wurden dabei gleichzeitig, bei derselben Temperatur, mit dem Salze unter übrigens denselben Verhältnissen behandelt. Ich habe solche Beobachtungen mit dem von 25 verschiedenen Pferden stammenden Blute angestellt und ich bin dabei zu folgenden Ergebnissen gelangt. Von den 25 Fällen wurde das Serum 16 Mal vollständig und 9 Mal unvollständig, das entsprechende Plasma 12 Mal vollständig und 13 Mal unvollständig gefällt. Das Plasma wurde also in der Mehrzahl von Fällen unvollständig gefällt, d. h. das Plasmaparaglobulin war nicht leichter, sondern vielmehr schwieriger fällbar als das entsprechende Serumglobulin. Es führen also auch diese Versuche zu dem schon in den anderen Versuchsreihen gewonnenen Resultate, und wenn überhaupt ein Unterschied in Bezug auf Fällbarkeit zwischen dem Plasma- und dem Serumparaglobulin besteht, muss also jenes als das am wenigsten fällbare betrachtet werden. Die Annahme Schmidts von einer leichteren Fällbarkeit des Plasmaparaglobulins gegenüber dem Serumparaglobulin ist also eine ganz unberechtigte.

Wenn aber auch das Plasmaparaglobulin nicht leichter zu fällen als das Serumparaglobulin ist, könnte doch nichtsdestoweniger eine Verunreinigung meiner Fibrinogenlösungen mit Paraglobulin zu Stande kommen, wenn nur die Menge des Paraglobulins in dem Plasma grösser als in dem Serum wäre. Es führt uns dies auf die zweite Annahme Schmidts, derzufolge das Plasma reicher an den s. g. Fibringeneratoren als das Serum sein soll. Für das Fibrinogen hat selbstverständlich diese Annahme eine un-

bestrittene Gültigkeit, denn das Blutserum enthält ja nicht einmal Spuren von Fibrinogen, und es kann folglich die Annahme Schmidts nur auf das Paraglobulin Bezug haben. Aber auch in Bezug auf das Vorkommen von diesem Stoffe in dem Plasma muss man scharf zwischen dem natürlichen Plasma und dem $MgSO_4$-plasma unterscheiden, denn nur das letztere wird bei der Fibrinogenbereitung unter gewöhnlichen Umständen in Arbeit genommen.

Mit Rücksicht auf die Reinheit meiner Fibrinogenlösungen könnte es nun allerdings genügend sein, nur den Gehalt des Magnesiumsulfatplasmas an Paraglobulin zu bestimmen; da wir aber gar keine Kenntniss von dem Gehalte des natürlichen Plasmas an Globulinsubstanzen haben, fand ich es sehr wichtig auch über den Gehalt des normalen Plasmas an Paraglobulin wenn möglich Aufschlüsse zu gewinnen.

Der Umstand, dass das Serum durch Zusatz von dem gleichen oder sogar dem doppelten Volumen gesättigter Kochsalzlösung entweder gar nicht oder erst nach längerer Zeit sehr unbedeutend gefällt wird, führte mich auf den Gedanken, dieses Verhalten als ein Mittel zu benutzen, um über den Paraglobulingehalt des natürlichen Plasmas Aufschlüsse zu gewinnen. Schmidt hat nämlich bekanntlich gezeigt, dass das Paraglobulin aus den weissen Blutkörperchen stammt, während es ihm nicht gelingen wollte, den Gehalt des lebenden Plasmas an gelöstem Paraglobulin quantitativ zu bestimmen. Schmidt hat ferner gefunden, dass die weissen Blutkörperchen in einem mit $^1/_4$ Vol. gesättigter $MgSO_4$-saturation versetzten Blute bis zur eintretenden Fäulniss sich unverändert erhalten, und da bekanntlich auch grössere Kochsalzmengen die Gerinnung vollständig hemmen können, lag es nahe zu versuchen, ob nicht auch dieses Salz dem Heraustreten des Paraglobulins aus den weissen Blutkörperchen entgegenwirken könnte.

Da das Serum durch das gleiche oder doppelte Volumen gesättigter Kochsalzlösung gar nicht, oder erst nach längerer Zeit sehr unbedeutend getrübt wird, könnte man vielleicht darauf rechnen, dass wenn das Blut direct in gesättigter NaCl-lösung aufgesammelt wurde, durch das Kochsalz höchstens ein etwaiger Ueberschuss des Plasmas an Globulin gegenüber dem Serum ausgefällt werden sollte. Wenn in dem NaCl-plasma dieselbe oder eine nur wenig kleinere Paraglobulinmenge als in dem Serum gefunden wurde, war also der Versuch nur wenig brauchbar; wenn

dagegen in dem NaCl-plasma von dem Paraglobulin nur Spuren oder jedenfalls weit kleinere Mengen als in dem entsprechenden Serum gefunden wurden, konnte man daraus folgern, dass die gefundene, unbedeutende Paraglobulinmenge nicht von einer reichlicheren Ausfällung, sondern von einem von vornherein sehr kleinen Gehalte des Plasmas an diesem Stoffe herrühren musste. Es ist wahr, dass das Fibrinogen durch das gleiche oder das doppelte Volumen Kochsalzsaturation nicht ganz vollständig gefällt wird und dass dem entsprechend in dem NaCl-plasma auch etwas Fibrinogen neben dem Paraglobulin enthalten sein muss, aber wenn nichtsdestoweniger die Globulinmenge sehr klein gefunden worden, würde ein ursprünglich sehr kleiner Gehalt des Plasmas an Paraglobulin dadurch a fortiori bewiesen werden.

Von diesen Erwägungen ausgehend, fing ich Pferdeblut direkt aus der Ader in ein genau calibrirtes, zur Hälfte mit NaCl-saturation gefülltes Gefäss auf. Das Gemisch wurde unmittelbar filtrirt und dabei wurde ohne Ausnahme eine von gelöstem Haemoglobin tief roth gefärbte Flüssigkeit erhalten. In dieses Filtrat, welches gar keine Formbestandtheile enthielt, wurde überschüssiges, fein gepulvertes Kochsalz eingetragen und wiederholt damit geschüttelt. In dem ersten, in dieser Weise ausgeführten Versuche entstand im Laufe des ersten Tages gar kein sichtbarer Niederschlag; am folgenden Morgen war dagegen auf dem Boden des Gefässes über dem ungelösten NaCl ein spärlicher grauröthlicher Niederschlag sichtbar. Dieser Niederschlag bildete eine scharf begrenzte Schicht, von welcher die obenstehende, ganz durchsichtige Flüssigkeit leicht abdecantirt werden konnte. Diese Flüssigkeit filtrirte ich gesondert durch ein sehr kleines Filtrum, und erst dann wurde der Niederschlag auf dasselbe Filtrum gebracht. Der auf dem Filtrum zurückgebliebene Rückstand, dessen Menge, trotzdem dass zu dem Versuche 1000 ccm filtrirtes NaCl-plasma verwendet wurden, eine sehr kleine war, konnte nicht dem Filtrum entnommen werden, und er wurde desshalb mit dem Filtrum ausgepresst, das letztere zerschnitten, in etwa 5 ccm Wasser zertheilt, und auf diese Weise zuletzt eine rothgefärbte Lösung gewonnen. Diese Lösung gerann nach einiger Zeit spontan, und der mit NaCl erzeugte Niederschlag enthielt also neben dem Paraglobulin auch etwas Fibrinogen und Ferment.

In diesem Versuche konnte ich also nur eine fast verschwin-

dend kleine Menge Paraglobulin in dem NaCl-plasma nachweisen, und nach diesem Versuchsergebnisse mussten also fortgesetzte Untersuchungen sehr wünschenswerth erscheinen. Ich habe desshalb auch diesen Versuch mehrmals wiederholt, vor Allem, um einige Einwände, welche gegen ihn erhoben werden konnten, zurückzuweisen.

Gegen den nun angeführten Versuch könnte man nämlich einwenden, dass das Nichtauftreten einer nennenswerthen Paraglobulinfällung bei dieser Versuchsanordnung vielleicht davon herrühre, dass das in dem Filtrate reichlich vorhandene Haemaglobin die Ausfällung des etwa vorhandenen Paraglobulins verhindere. Diesen Einwand konnte ich doch am einfachsten in der Weise widerlegen, dass ich in dem ganz durchsichtigen Filtrate etwas Paraglobulin auflöste und dann mit überschüssigem Kochsalz fällte. In diesem Falle trat stets, selbst nach Zusatz von nicht sehr grossen Paraglobinmengen, binnen sehr kurzer Zeit ein deutlicher Niederschlag auf und das in dem Filtrate enthaltene Haemaglobin verhinderte also nicht merkbar die Ausfällung des Paraglobulins durch NaCl.

Es könnte weiter gegen diesen Versuch auch Folgendes eingewendet werden: Das mit gesättigter Kochsalzlösung vermischte Blut filtrirt oft sehr langsam und schwierig, und es ist desshalb denkbar, dass der Blutkörperchenbrei dabei als eine Menge von Filtren wirke und den grössten Theil des Paraglobulins oder fast die ganze Menge desselben dadurch zurückhalte. Um diese Möglichkeit prüfen zu können, nahm ich von dem Gemische von Blut und NaCl vor der Filtration desselben 2 gleich grosse Proben, setzte zu der einen eine abgemessene Menge einer Lösung von Paraglobulin in 16% NaCl und zu der anderen dasselbe Volumen einer Kochsalzlösung derselben Stärke. Dann wurden beide Proben filtrirt und es zeigte sich nun, dass die mit Paraglobulin absichtlich verunreinigte Probe ein Filtrat lieferte, in welchem durch Sättigung mit Kochsalz Paraglobulin in reichlicher Menge nachgewiesen werden konnte, während in der mit Paraglobulin nicht verunreinigten Probe nur Spuren von dieser Substanz nachzuweisen waren. Es konnte also auch diese Einwendung widerlegt werden.

Gegen die obige Versuchsanordnung könnte doch auch eingewendet werden, dass durch Sättigung mit NaCl nie alles Paraglobulin auszufällen ist, wie ich dies in dem ersten Abschnitte

dieser Abhandlung gezeigt habe. Es war desshalb nöthig das Verhalten des NaCl-plasmas bei der Dialyse zu prüfen, und ich habe aus dem Grunde auch solches Plasma, bei fleissigem Wechseln des Aussenwassers, während mehrerer Tage einer anhaltenden Dialyse unterworfen, bis in dem, im Laufe von 24 Stunden nicht gewechselten, Diffusate keine Spuren von Cl mehr nachzuweisen waren. Nach beendeter Dialyse wurde die Flüssigkeit mit der 10—20-fachen Menge Wasser verdünnt und dann CO_2 durchgeleitet.

Bei Versuchen mit Pferdeblut erhielt ich auf diese Weise entweder schon gegen Ende der Dialyse oder jedenfalls nach Verdünnung mit Wasser und Kohlensäuredurchleitung einen Niederschlag, wenn auch meist in so geringer Menge, dass er nicht bestimmbar war. Dabei trat doch auch fast immer eine Zersetzung des Haemaglobins auf, und der Niederschlag bestand also zum Theil auch aus zersetztem Haemaglobin. In dem, durch Aufsammeln von Pferdeblut in NaCl-saturation und Filtration erhaltenen Plasma konnten also höchstens Spuren von Paraglobulin nachgewiesen werden, und da ich durch besondere Versuche mich überzeugt hatte, dass durch das von mir benutzte Papier gar kein Paraglobulin diffundirte, konnte ich mir diesen Befund nur durch die Annahme erklären, dass in dem Pferdeblutplasma ursprünglich nur Spuren von Paraglobulin vorhanden gewesen wären.

Ich bin auch 2 Mal in der Lage gewesen, das Hundeblut mittelst dieser Methode auf einen Gehalt an Paraglobulin zu prüfen. In beiden Fällen wurde das Blut mit Curare vergifteten, schon vorher zu anderen Zwecken benutzten Thieren entnommen und unmittelbar in gesättigte Kochsalzlösung aufgefangen. Die Filtration ging in beiden Versuchen sehr rasch von Statten, und das Filtrat wurde wie gewöhnlich der Dialyse unterworfen. Diese Versuche gaben ein noch schöneres Resultat. In dem einen konnten nämlich nur verschwindend kleine Spuren und in dem anderen überhaupt gar kein Paraglobulin in dem Filtrate nachgewiesen werden. Dass das Hundeblutparaglobulin durch keine besonders leichte Fällbarkeit ausgezeichnet ist, schliesse ich daraus, dass in dem einen Versuche das entsprechende Hundeblutserum, welches 1,060 % Paraglobulin (durch Dialyse bestimmt) enthielt, nach Zusatz von $^1/_4$ Vol. $MgSO_4$-saturation und darauf folgendem Zusatz von einem mit dem Gemenge gleichen Volum NaCl-saturation gar nicht gefällt wurde. Da ich nun weiter gefunden hatte, dass weder das Haemaglobin

die Ausfällung des Paraglobulins verhindert noch der Blutkörperchenbrei das Paraglobulin bei der Filtration zurückhält, konnte ich auch diese Versuche nur so deuten, dass in dem NaCl-plasma weder Fibrinogen noch Paraglobulin in sicher nachweisbarer Menge enthalten sei, und ich sprach desshalb auch in meiner schwedischen Abhandlung [1]) den Satz aus, dass in dem circulirenden Blutplasma höchstens Spuren von Paraglobulin enthalten sein können.

Zur Zeit der Ausführung dieser Versuche (vor bald 3 Jahren) war die Fähigkeit des Magnesiumsulfates das Paraglobulin vollständig zu fällen mir noch nicht bekannt. Seitdem ich aber mittelst der neuen Methode gefunden hatte, dass von den 4—5 % Paraglobulin, welche in dem Pferdeblutserum gewöhnlich enthalten sind, durch Dialyse nur ein mehr weniger kleiner Bruchtheil nachgewiesen werden kann, konnten diese Versuche nicht mehr als entscheidend angesehen werden, und die Frage von dem Vorkommen des Paraglobulins in dem Plasma musste von Neuem in Angriff genommen werden.

Ich habe desshalb diese Versuche wiederholt und dabei das NaCl-plasma mit überschüssigem Magnesiumsulfat geprüft. Schon der erste, qualitative Versuch zeigte nun zur Genüge, dass in dem NaCl-plasma noch reichliche Mengen mit $MgSO_4$ fällbaren Globulins enthalten sind, und ich fand es desshalb nöthig, auch einige quantitative Bestimmungen auszuführen. Um dabei einen Vergleich zwischen dem Plasma und dem Serum zu ermöglichen, fing ich bei dem Aderlass einen Theil des Blutes direct in NaCl-saturation auf, während ein anderer Theil zur Gewinnung von Serum aufgesammelt wurde. In beiden Portionen wurde eine Verdunstung von Wasser aus den Blutproben sorgfältig verhütet. Die Bestimmung der Globulinmenge geschah wie gewöhnlich mit $MgSO_4$, und die Menge des in dem NaCl-plasma gefundenen Globulins wurde dann auf 100 Theile normalen Plasmas unter der Voraussetzung berechnet, dass von dem Volumen des Blutes $^2/_3$ als Plasma anzusehen sind.

Ich habe nur über 2 solche Versuche zu berichten. In dem ersten fand ich als Mittel aus 2 Bestimmungen in dem Serum 4,825 % und in dem Plasma, ebenfalls als Mittel aus 2 Bestimmungen, 4,47 % Globulin. In dem Serum fand ich also einen

1) Upsala Läkareförenings Förhandlingar 1876.

Ueberschuss von 0,355 % Globulin, wobei doch zu bemerken ist, dass dieser Ueberschuss aus zwei Gründen zu niedrig berechnet worden ist. Einerseits enthält nämlich das NaCl-plasma nicht nur Paraglobulin, sondern auch eine unbekannte, nicht bestimmbare Menge Fibrinogen, welche also nicht von dem gefundenen Paraglobulin abgezogen werden konnte, und andererseits liegt dieser Berechnung die Annahme zu Grunde, dass die Menge des Plasmas ²/₃ von dem Volumen des ganzen Blutes betrage. Diese Annahme ist, wenigstens für diesen speciellen Fall bestimmt, eine unrichtige, denn die direkte Messung gab in diesem Falle eine Plasmamenge welche grösser als ²/₃ des Blutvolumens war. Es wurde nämlich in diesem Falle Blut zu anderen Zwecken in calibrirten, stark abgekühlten Röhren aufgesammelt, und nach 24 Stunden, nachdem eine möglichst vollständige Senkung der Blutkörperchen stattgefunden hatte, verhielt sich das Volumen der Blutkörperchenschicht zu demjenigen des Plasmas im Mittel wie 100: 204. Wenn man sich vergegenwärtigt, dass in der Blutkörperchenschicht stets etwas Plasma eingeschlossen ist, muss man also annehmen, dass in diesem Falle das Blut mehr als ²/₃ Vol. Plasma enthalten habe, und dass dementsprechend auch die Menge des Plasmaparaglobulins unzweifelhaft zu hoch worden berechnet ist.

In diesem Versuche wurde das Blut mit dem gleichen Volumen NaCl-saturation vermischt. In dem 2. Versuche dagegen wurden 150 ccm Blut in 100 ccm NaCl-saturation aufgesammelt. Die Paraglobulinmenge des Serums war in diesem Falle als Mittel von 2 Bestimmungen 3,855 %. Die Globulinmenge des Plasmas, unter der gewöhnlichen Annahme von ²/₃ Vol. Plasma berechnet, war als Mittel 3,545 %, und das Plasma enthielt also 0,310 % Globulin weniger als das Serum. In diesem Falle war das Verhältniss der Blutkörperchenschicht zum Plasma wie 100: 181 und die Menge des Plasmas war also gewiss reichlich ²/₃ von dem Volumen des Blutes. Die kleinere Kochsalzmenge hat unzweifelhaft in diesem Versuche eine unvollständigere Ausfällung des Fibrinogens bewirkt, und dadurch wird allem Anscheine nach die berechnete Paraglobulinmenge des Plasmas gar zu gross. Nichtsdestoweniger sehen wir, dass in diesem Versuche wie in dem vorigen das Serum reicher an Paraglobulin als das Plasma war.

In beiden Versuchen wurde ein Theil des Serums mit der entsprechenden Menge NaCl-saturation versetzt, und es entstand

dabei in dem 2. Versuche innerhalb 48 Stunden keine Trübung. In dem ersten Versuche wurde das Gemenge nach etwa 20 Stunden etwas opalisirend und nach etwa 36 Stunden wurde darin eine sehr geringfügige quantitativ gar nicht bestimmbare Fällung beobachtet. Da in beiden Versuchen die Filtration des in NaCl aufgesammelten Blutes möglichst rasch vorgenommen wurde, und da weiter das Plasmaparaglobulin keine grössere Fällbarkeit als das Serumglobulin besitzt, kann es also in diesen Versuchen nicht um eine durch reichlichere Ausfällung bewirkte Verminderung des in dem Plasma ursprünglich vorhandenen Paraglobulins sich handeln. Diese Versuche beweisen vielmehr einen ursprünglich kleineren Gehalt des Plasmas an Paraglobulin und sie bestätigen also die Entdeckung Schmidts, dass wenigstens ein Theil des Serumglobulins ursprünglich nicht in dem Plasma in gelöstem Zustande vorhanden ist. Dagegen können diese Versuche aus den oben angeführten Gründen keine Aufschlüsse über den Gehalt des circulirenden Plasmas an gelöstem Paraglobulin geben.

Im Gegensatze zu den mit der unvollkommenen Dialysemethode gewonnenen Versuchsergebnissen zeigen also diese Versuche, dass in dem NaCl-plasma nicht nur Spuren, sondern vielmehr sehr bedeutende Paraglobulinmengen vorkommen. Dagegen beweisen diese Versuche, wie gesagt, noch nicht, dass auch dieselben Globulinmengen im natürlichen Plasma vorkommen, denn wenn das Paraglobulin aus den weissen Blutkörperchen stammt, bleibt es noch übrig zu zeigen, bis zu welchem Grade die angewendeten Kochsalzmengen dem Zerfalle der weissen Blutkörperchen oder dem Heraustreten des Paraglobulins aus denselben entgegenwirken können.

Ich habe desshalb auch in einigen Versuchen den Gehalt des normalen, filtrirten Plasmas an Globulinen, resp. Paraglobulin zu bestimmen mich bemüht.

Zu diesen Versuchen wurde das Pferdeblut aus der Ader, wie gewöhnlich, in vorher stark abgekühlten Glasröhren aufgesammelt, und ich nahm dabei die Zahl der Rohre so gross, dass jedesmal etwa 800—1000 ccm Blut aufgesammelt werden konnten. Ich konnte hierdurch auch in kürzester Zeit reichliche Mengen Plasma für die Filtration gewinnen, was übrigens auch um so leichter geschehen konnte, als ich zur Filtration ein sehr gutes Papier benutzte, welches auch die rothen Blutkörperchen, wenn sie nicht in zu reichlicher Menge vorhanden waren, vollständig zurückhielt. Es

war desshalb nicht nöthig, mit der Filtration zu warten, bis die rothen Blutkörperchen sich vollständig von dem Plasma getrennt hatten, sondern ich nahm schon das noch ziemlich rothgefärbte Plasma in Arbeit. Zu der Filtration benutzte ich grosse Trichter, welche ringsum von einer Kältemischung oder von Eiswasser umgeben waren. In jedem solchen Trichter wurde, nach dem Einlegen des sehr dicht gefalteten Filters, ein zweiter nach dem Wegschneiden des Abflussrohres unten zugeschmolzener, ebenfalls mit Eis gefüllter Trichter eingehängt. Das Plasma befand sich also in dünner Schicht zwischen den beiden Glastrichtern, und es wurde in dieser Weise für eine genügende Abkühlung während der Filtration Sorge getragen. Um eine Verdünnung der Filtrate mit Wasser zu verhüten, wurden die Filtren nicht vorher angefeuchtet; aber nichtsdestoweniger ging die Filtration rasch von Statten und ich konnte also bei gleichzeitiger Anwendung von 4—5 ziemlich grossen Trichtern, in einigen Fällen in den ersten 20—25 Minuten nach dem Aderlass 30—40 ccm eines vollkommen klaren, schön gelb gefärbten Plasmas erhalten, in welchem weder Haemaglobin noch irgend welche Formelemente zu entdecken waren. Da ich indessen wegen der vielen auszuführenden Bestimmungen zu jedem Versuche nicht weniger als 60—70 ccm brauchen konnte, wurde das Filtrat oft erst $^1/_2$—$^3/_4$ Stunde nach dem Aderlass in Arbeit genommen.

Nachdem ich auf diese Weise eine zu den Analysen genügende Menge Plasma aufgesammelt hatte, wurden die Mengen der festen Stoffe, des Gesammteiweisses (in den 2 ersten Analysen nach der Methode von Schmidt und Puls, in der 3., durch Coagulation in der Siedehitze, Fällung der Filtrate und der Waschwässer mit Gerbsäure etc.) und der Globuline (mittelst der $MgSO_4$-methode) bestimmt. Des Vergleiches halber wurde auch das, aus dem gegen Ende des Aderlass aufgesammelten Blute erhaltene Serum auf dieselbe Weise analysirt und die gefundenen Werthe mit den entsprechenden des Plasmas verglichen. Ich lege hier die von mir so gewonnenen Versuchsergebnisse tabellarisch dar, wobei ich des Vergleiches halber die für das Plasma und das entsprechende Serum gefundenen Zahlen einander zur Seite stelle. Ueberall wurden Doppelbestimmungen der Globulinmenge ausgeführt, da ich aber schon in dem ersten Abschnitte dieser Abhandlung eine genügende Zahl von Doppelanalysen angeführt

habe, begnüge ich mich damit, in dieser Tabelle nur die Mittelwerthe anzuführen. Sämmtliche Zahlen beziehen sich auf 100 ccm Flüssigkeit.

Tabelle II.

No.	Feste Stoffe.		Gesammteiweiss		Globuline		Serumalbumin		Lecithin, Fett, Salze etc.	
	Plasma	Serum	Plasma	Serum	Plasma	Serum	Plasma	Serum	Plasma	Serum
1)	8,040 %	7,67 %	6,70 %	6,28 %	4,87 %	4,483 %	1,83 %	1,797 %	1,84 %	1,39 %
2)	8,60 „	8,50 „	7,10 „	6,95 „	4,350 „	4,167 „	2,75 „	2,783 „	1,50 „	1,55 „
3)	8,085 „	7,72 „	7,035 „	6,682 „	4,25 „	3,855 „	2,785 „	2,827 „	1,050 „	1,038 „

Ein Blick auf die Tabelle zeigt sogleich, dass in allen 3 Analysen das Plasma reicher an festen Stoffen als das Serum gewesen ist, und der Ueberschuss betrifft, wie wir sehen, das Eiweiss, während in Bezug auf die Menge des Lecithins, der Salze etc. die beobachteten Differenzen wohl nur von den bei der Bestimmung unvermeidlichen Fehlern herrühren. Eine weitere Betrachtung zeigt ferner, dass die Menge des Serumalbumins ebenfalls fast dieselbe in dem Serum und dem Plasma ist und dass der zwischen beiden Flüssigkeiten bestehende Unterschied nur durch einen ungleichen Gehalt an Globulinen sich kund giebt. In allen 3 Analysen enthält nämlich das Plasma eine grössere Menge Globulin als das Serum.

Da indessen das Blutserum nur ein Globulin, das Paraglobulin, enthält, während in dem Plasma ausserdem noch eine nicht bekannte Menge Fibrinogen vorkommt, ist es selbstverständlich, dass diese Analysen, nicht ohne weiteres die erwünschten Aufschlüsse über den Paraglobulingehalt des Serums und des Plasmas geben können. Es muss vielmehr von der gesammten Globulinmenge des Plasmas diejenige des Fibrinoges abgezogen werden, und der Rest ist dann als Paraglobulin zu betrachten.

Es fragt sich also, wie gross der Fibrinogengehalt des Plasmas in diesen Versuchen gewesen sei. Auf diese Frage kann gegenwärtig leider keine sichere Antwort gegeben werden, denn wie ich in meiner nächsten Abhandlung zeigen werde, besitzen wir gegenwärtig keine Methode, welche eine genaue Bestimmung des Fibrinogens, wenn es neben dem Paraglobulin in einer Flüssigkeit vorkommt, gestattet. Die beste Methode besteht nach

meiner Erfahrung darin, dass man die Menge des unter den günstigsten Verhältnissen ausgeschiedenen Faserstoffes bestimmt; da aber über den Werth dieser Bestimmungsmethode verschiedene Ansichten herrschen können, will ich hier nicht nur aus der gefundenen Fibrinmenge die Menge des Fibrinogens berechnen, sondern ich will auch meinen Berechnungen diejenigen Zahlen zu Grunde legen, welche ich nach der von Fredericq[1]) eingeführten Methode, Erhitzen des Plasmas auf + 56 ° C., erhalten habe. Bei der Bestimmung des Fibrinogens nach dieser Methode, welche übrigens gar zu niedrige Werthe giebt, vermischte ich 3 Vol. des filtrirten Plasmas mit 1 Vol. einer bei Zimmerwärme gesättigten $MgSO_4$-lösung.

Mittelst dieser Methode bestimmte ich in dem Versuche Nr. 1 der Tabelle die Menge des Fibrinogens in dem Plasma zu 0,320 %. Ziehen wir diese Zahl von der gesammten Globulinmenge, 4,87 %, ab, so können wir die Paraglobulinmenge des Plasmas höchstens zu 4,55 % schätzen, und es würde also in dem Plasma ein Ueberschuss von 0,1675 % Paraglobulin vorhanden gewesen sein. Diese Berechnung ist doch allem Anscheine nach eine unrichtige, denn aus demselben Plasma erhielt ich 0,620 % Faserstoff, und die Menge des Faserstoffes ist ohne Ausnahme, wie ich wiederholt gesehen habe, kleiner als die Menge des in der Flüssigkeit ursprünglich vorhandenen Fibrinogens. Ziehen wir diese Zahl von der genannten Globulinmenge des Plasmas ab, so finden wir in dem entsprechenden Serum, welches 4,483 % Globulin enthielt, einen Ueberschuss von 0,283 % Paraglobulin.

In dem Versuche 2 der Tabelle wurde die Fibrinogenmenge nach Fredericqs Methode zu 0,416 % bestimmt, und es würden also in dem Plasma höchstens 4,350 − 0,416 = 3,934 % Paraglobulin enthalten gewesen sein, während das Serum 4,167 % Paraglobulin oder einen Ueberschuss von 0,233 % Paraglobulin enthielt. Dieser Ueberschuss ist doch aus den oben angeführten Gründen ein gar zu kleiner.

In dem Versuche 3 der Tabelle war die Menge des direkt bestimmten Fibrinogens 0,455 %. Das Plasma enthielt im Ganzen 4,25 % Globulin und folglich höchstens 3,795 % Paraglobulin. Das Serum enthielt 3,855 % Paraglobulin, d. h. einen

---

1) A. a. O.

Ueberschuss von 0,060%. Da ich aber aus diesem Plasma 0,615% Fibrin erhielt, muss dieser Ueberschuss mindestens zu 0,220% angeschlagen werden.

In diesem 3. und noch mehr in dem 2. Versuche finden wir also, selbst wenn die Fibrinogenmenge gar zu niedrig berechnet wurde, in dem Serum einen Ueberschuss von Paraglobulin gegenüber dem Gehalte des Plasmas an diesem Stoffe. Da aber die Menge des aus einer Flüssigkeit erhaltenen Faserstoffes nie grösser als die Menge des ursprünglich darin enthaltenen Fibrinogens ist, müssen wohl die aus der Faserstoffmenge berechneten Fibrinogenwerthe unzweifelhaft die richtigeren sein, und in allen 3 Versuchen war also das Serum reicher an Paraglobulin als das Plasma. Diese Versuche enthalten also einen neuen Beweis für die Richtigkeit der Schmidt'schen Angaben über den Ursprung des Paraglobulins. Der Ueberschuss an Paraglobulin in dem Serum ist doch in dieser Versuchsreihe etwas kleiner als in den oben angeführten Analysen des NaCl-plasmas, und es ist mir also, trotzdem dass ich das normale Plasma möglichst rasch filtrirte, wahrscheinlich nicht gut gelungen, dem Heraustreten des Paraglobulins aus den weissen Blutkörperchen oder dem Zerfalle der letzteren vorzubeugen.

Da ich durch Aufsammeln des Blutes in NaCl-saturation bessere Resultate erhielt, und da es weiter bekannt ist, dass das Magnesiumsulfat kräftiger als irgend ein anderes Salz die Gerinnung verhindert, war es also von Interesse zu versuchen ob nicht durch Aufsammeln des Blutes in gesättigte $MgSO_4$-lösung bessere Resultate erreicht werden könnten. Es war eine solche Versuchsreihe auch von einem anderen Gesichtspunkte aus von grosser Wichtigkeit. Ich gehe nämlich bei der Darstellung des Fibrinogens von dem $MgSO_4$-plasma aus, und wenn dieses letztere, wie aus den Angaben von Schmidt über die Resistenz der weissen Blutkörperchen in dem mit Magnesiumsulfat versetzten Blute zu erwarten ist, ärmer an Paraglobulin als das Serum wäre, würde natürlich die Brauchbarkeit meiner Methode zur Darstellung des Fibrinogens dadurch noch mehr gesichert werden.

Ich habe desshalb bei mehreren Gelegenheiten den Gehalt des Magnesiumsulfatplasmas an Globulin bestimmt, und in diesen Versuchen sammelte ich das aus der Ader fliessende Blut in genau calibrirte Gefässe auf, die eine genau abgemessene Menge bei

Zimmerwärme gesättigter $MgSO_4$-lösung enthielten und die darauf bis zu einer bestimmten Marke mit Blut gefüllt wurden, so dass auf 1 Vol. $MgSO_4$-saturation 3—4 Vol. Blut kamen. Wenn nöthig wurde dabei, nachdem der bei der Umrührung entstandene Schaum sich niedergelegt hatte, das Volumen der Flüssigkeit von Neuem gemessen und das Verhältniss des Blutes zu der Menge der $MgSO_4$-lösung genau bestimmt. Nachdem eine genügende Menge Blut in $MgSO_4$-lösung aufgesammelt worden, wurde eine neue Blutportion zur Gewinnung von Serum aufgesammelt. Das in $MgSO_4$-lösung aufgesammelte Blut wurde möglichst bald filtrirt, und sobald eine zu den Bestimmungen genügende Menge Filtrat gewonnen worden, wurde es in Arbeit genommen.

In einer älteren Versuchsreihe bestimmte ich den Gehalt des Plasmas und des Serums an Globulinen mittelst der Dialyse. Nachdem ich aber die Unzulänglichkeit dieser Methode erkannt hatte, wurde es nöthig neue Versuche anzustellen, und in diesen arbeitete ich nur mit der in dem ersten Abschnitte dieser Abhandlung beschriebenen $MgSO_4$-methode. Da indessen diese Methode noch nicht von anderen Forschern geprüft worden ist, habe ich es für eine Pflicht gehalten, die nach beiden Methoden erhaltenen Resultate in derselben Tabelle darzulegen. Die 6 ersten Bestimmungen der folgenden Tabelle sind mit Hülfe der Dialyse, die 6 folgenden mit der $MgSO_4$-methode ausgeführt worden.

Die Menge des in dem 3. Tabellenstabe aufgeführten Plasmaparaglobulins ist als Differenz zwischen der Totalmenge des Plasmaglobulins und der Menge des Fibrinogens berechnet worden. Die für das Fibrinogen angeführten Zahlen sind in den 9 ersten Analysen identisch mit den in denselben Fällen gefundenen Maximalwerthen für den Faserstoff, wobei ich doch nicht dafür einstehen kann, dass ich das wirkliche Maximum gefunden habe. In den 3 letzten Analysen wurde die Menge des Fibrinogens in direkter Weise durch Erhitzen des Filtrates auf + 56 à + 58 ° C. bestimmt. Ich überzeugte mich dabei gleichzeitig davon, dass das entsprechende Serum, nach Zusatz von $^1/_2$—$^1/_3$ Vol. derselben $MgSO_4$-lösungen, zu derselben Temperatur erhitzt werden konnte, ohne die Spur eines Niederschlages zu geben. Die für das Fibrinogen gefundenen Zahlen sind also gewiss nicht zu hoch, sondern im Gegentheil zu niedrig. Sämmtliche für das Plasma angeführten Zahlen sind auf das normale Plasma unter der Voraussetzung be-

rechnet, dass das Blut zu $^2/_3$ aus Plasma bestehe. Zu den Analysen wurde nur Pferdeblut verwendet.

Tabelle III.

No.	Globuline in dem Plasma.	Fibrinogen in dem Plasma.	Paraglobulin in dem Plasma.	Paraglobulin in dem Serum.	Ueberschuss von Paraglobulin in dem Serum.	Bemerkungen.
1)	1,008 %	0,587 %	0,421 %	0,945 %	0,524 %	1 Vol. $MgSO_4$-saturation. 4 Vol. Blut.
2)	0,879 „	0,491 „	0,388 „	0,945 „	0,557 „	1 Vol. $MgSO_4$. 3 Vol. Blut (dasselbe wie in 1.)
3)	0,525 „	0,230 „	0,295 „	0,970 „	0,675 „	1 Vol. $MgSO_4$. 3 Vol. Blut.
4)	0,624 „	0,270 „	0,354 „	0,945 „	0,591 „	1 Vol. $MgSO_4$. 3 Vol. Blut.
5)	0,680 „	0,330 „	0,350 „	0,750 „	0,400 „	1 Vol. $MgSO_4$. 3,15 Vol. Blut.
6)	1,025 „	0,490 „	0,535 „	0,980 „	0,445 „	1 Vol. $MgSO_4$. 4 Vol. Blut.
7)	4,359 „	0,345 „	4,014 „	4,425 „	0,411 „	1 Vol. $MgSO_4$. 3 Vol. Blut.
8)	4,736 „	0,495 „	4,241 „	5,305 „	1,064 „	1 Vol. $MgSO_4$. 4 Vol. Blut.
9)	4,875 „	0,466 „	4,409 „	4,783 „	0,374 „	1 Vol. $MgSO_4$. 3,3 Vol. Blut.
10)	3,550 „	0,310 „	3,240 „	4,167 „	0,927 „	1 Vol. $MgSO_4$. 3,8 Vol. Blut.
11)	4,400 „	0,240 „	4,160 „	4,483 „	0,323 „	1 Vol. $MgSO_4$. 4 Vol. Blut.
12)	3,405 „	0,328 „	3,077 „	3,855 „	0,778 „	1 Vol. $MgSO_4$. 4 Vol. Blut.

Bevor man auf Grund der nun angeführten Analysen einen kleineren Gehalt von Paraglobulin in dem Plasma als in dem Serum annimmt, muss zuerst die Einwendung zurückgewiesen werden, dass der geringere Paraglobulingehalt des Plasmas von einer reichlicheren Ausfällung dieses Stoffes aus der genannten Flüssigkeit durch das Magnesiumsulfat herrühren könnte. Wenn diese Einwendung berechtigt wäre, würde offenbar das $MgSO_4$-plasma keine weiteren Paraglobulinmengen lösen können, sondern es müsste bei dem gegebenen Salzgehalte mit diesem Eiweissstoffe gesättigt sein. Dem ist aber nicht so, denn das MgSO-plasma löst, wie ich durch besondere Versuche gefunden habe, noch sehr bedeutende Mengen von Paraglobulin auf. Weiter habe ich in allen den hierher gehörenden Versuchen einen Theil des entsprechenden Serum mit $^1/_2$ Vol. derselben $MgSO_4$-lösung versetzt, welche zu dem Aufsammeln des Blutes benutzt wurde, und darauf die Entstehung einer Fällung abgewartet. In mehreren Fällen entstand dabei im Laufe von 24—48 Stunden gar keine Trübung, in anderen trat dagegen nach 20—30 Stunden eine deutliche Opalescenz oder Trübung auf, welche nach einigen Tagen in einen wirklichen Niederschlag überging. Die Menge des Niederschlages war doch

in diesen Fällen eine so kleine, dass sie nicht genau quantitativ bestimmt werden konnte. In 2 Fällen bestimmte ich sie zu 0,015, resp. 0,025 % (auf das ursprüngliche Serum berechnet). — Diese Bestimmungen konnten nicht in direkter Weise ausgeführt werden, und die Menge des Niederschlages wurde desshalb als Differenz zwischen dem Globulingehalte des filtrirten und des nicht filtrirten $MgSO_4$-serums (mittelst der $MgSO_4$-methode) bestimmt.

Da, wie ich früher gezeigt habe, das Plasmaparaglobulin gar nicht leichter als das Serumparaglobulin gefällt wird und da, wie eben bemerkt wurde, das $MgSO_4$-plasma lange nicht mit Paraglobulin gesättigt war, können wir also ganz sicher sein, dass bei dem Aufsammeln des Blutes in $MgSO_4$-saturation kein Paraglobulin durch das Salz ausgefällt worden ist.

Unter solchen Umständen zeigen also die in der Tabelle angeführten Zahlen ganz unzweifelhaft, dass das Plasma bedeutend ärmer an Paraglobulin als das Serum ist. In einigen Analysen ist die Paraglobulinmenge in dem Serum sogar bedeutend grösser als die Menge der beiden Globuline in dem Plasma zusammengenommen. Wie gross die Menge des in dem Plasma ursprünglich in Lösung vorhandenen Paraglobulins gewesen sei, können wir zwar nicht angeben, denn einerseits können wir nicht die Fibrinogenmenge des Plasmas genau bestimmen und andrerseits wissen wir nicht, in wie weit das Magnesiumsulfat das Freiwerden des Paraglobulins verhindert habe; aber aus den Analysen 8, 10 und 12 sehen wir doch, dass der Ueberschuss des Serums an Paraglobulin bisweilen gegen 1 % betragen kann.

Durch das $MgSO_4$ wird nicht nur das Freiwerden des Paraglobulins aus den weissen Blutkörperchen verhindert, sondern es wird dadurch auch die Menge des Fibrinogens in dem Plasma herabgesetzt. Es könnte dies vielleicht zu der Annahme verleiten, dass in dem Plasma eine Mustersubstanz enthalten sei, aus welcher das Paraglobulin und das Fibrinogen durch eine Spaltung hervorgehen würden. Zu einer solchen Annahme berechtigen indessen die bisher bekannten Thatsachen nicht, und die Armuth des Salzplasmas an Fibrinogen kann ganz einfach daher rühren, dass die von mir benutzten Mengen $MgSO_4$, wie ich in der nächsten Abhandlung zeigen werde, aus dem normalen Plasma wie aus einer entsprechend concentrirten Fibrinogenlösung nicht unerhebliche Mengen von Fibrinogen ausfällt.

Der Umstand, dass das Magnesiumsulfatplasma bei gelungener Aufsammlung des Blutes stets eine bedeutend kleinere Paraglobulinmenge als das entsprechende Serum enthält, beweist schon an und für sich zur Genüge die Grundlosigkeit der bisher gegen meine Methode zur Darstellung des Fibrinogens gemachten Einwände. Auf die Brauchbarkeit dieser Methode werde ich übrigens, wie ich hoffe, in meiner nächsten Abhandlung, welche über das Fibrinogen handeln wird, etwas ausführlicher eingehen können.

Berichtigungen zu Bd. 17.

Seite		Zeile		von	statt		lies:	
Seite 413	Zeile	11	von	unten	statt	Paraglobulin	lies:	Fibrinogen.
» 414	»	3	»	»	»	noch	»	nur.
» 437	»	5	»	»	»	quantitativen	»	qualitativen.
» 437	»	6	»	»	»	quantitativen	»	qualitativen.
» 438	»	1	»	oben	»	quantitativen	»	qualitativen.
» 440	»	24	»	»	»	verdünnten	»	nicht verdünnten.
» 463	»	4	»	»	»	nicht nur	»	nicht.
» 463	»	18	»	unten	»	erwähnt	»	erwartet.

(Physiologisches Laboratorium in Bonn.)

Ueber eine neue Methode der organischen Elementaranalyse stickstoffhaltiger Körper.

Von

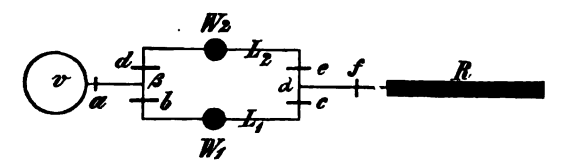
E. Pflüger.

(Unter Mitwirkung der Herren Dr. D. Finkler und Dr. F. Oppenheim.)

Hierzu Tafel III und 3 Holzschnitte.

Die hier zu beschreibende Methode besteht darin, dass die Substanz im Vacuum verbrannt, das gebildete Kohlensäure- und Stickstoffgas volumenometrisch, das Wasser aber durch Wägung bestimmt wird. Eine Analyse liefert also drei Zahlen. Ich erprobte die Methode zunächst an festen nicht flüchtigen Stoffen.

Zu dem Ende habe ich einen Apparat construirt, der im Wesentlichen darin besteht, dass das trockene Vacuum der Quecksilberpumpe mit dem Verbrennungsrohre unter Vermittlung das Wasser absorbirender Vorrichtungen in Verbindung gesetzt wird. Der allgemeine Gang des Versuchs möge vor Beschreibung der Special-Einrichtungen durch folgendes Schema klar gelegt werden:



V ist das Vacuum der Quecksilberpumpe, R das Verbrennungsrohr im Ofen; R ist durch Glasröhren, die durch Schliffe unter einander articuliren, mit V so verbunden, dass bei α das Rohr sich in zwei Leitungen L_1 und L_2 theilt, die bei β sich wieder zu einem Rohre vereinigen. Sind also die Hähne d und e geschlossen, b und c offen, so geht der Gasstrom von R durch L_1 nach V. Ist aber b und c geschlossen und d und e offen, so geht der Gasstrom durch L_2 nach V. — W_1 ist eine Erweiterung der Leitung L_1 und W_2 eine grössere analoge in Leitung L_2 und enthält die Wasser absorbirenden Substanzen. Zwischen a und β befindet sich eine

Barometerprobe, welche Drucke von $^3/_4$ bis 1 Atmosphäre und mehr abzulesen gestattet. **Vor** der Verbrennung dient W_2 zur Absorption der in dem Verbrennungsrohr enthaltenen Feuchtigkeit. W_1 ist also von dieser in geeigneter Weise abgeschlossen. **Während** der Verbrennung absorbirt W_1 das gebildete Wasser, von dem jetzt W_2 absolut abgeschlossen ist.

Ehe ich nun zu der speciellen Beschreibung des Apparates übergehe, möge die Beschickung des Verbrennungsrohrs zuerst beschrieben werden.

Der Exsiccator.

Zur Verbrennung wurden solche Substanzen gewählt, über deren chemische Reinheit und procentische Elementarzusammensetzung kein Zweifel bestehen konnte, so dass nur die absolute Trockenheit Gegenstand der grössten Sorgfalt sein musste. Ich construirte zu dem Ende einen Exsiccator, der beliebig lange Zeit ohne Ueberwachung stehen kann und vollkommene Sicherheit bietet gegen Eindringen der Feuchtigkeit von Aussen.

Ich nahm hierzu den Teller jener bekannten Butterdosen, die dadurch einen hermetischen Verschluss ermöglichen, dass die Peripherie des Bodens des Tellers von einem ringförmigen mit Wasser zu füllenden Graben gebildet wird, in den der untere Rand der über den Teller gestellten Glocke taucht. Als Absperrungsflüssigkeit nahm ich natürlich Quecksilber und als Glocke einen halben hohlen Glasballon, an dessen Kuppe ein gebogenes Glasrohr angeblasen war. Ein anderes Glasrohr nach Art derjenigen, welche bei der organischen Elementaranalyse von den Chemikern zur Trocknung der Gase gebraucht werden und Chlorcalcium enthalten, füllte ich mit Phosphorsäureanhydrid und verband dann das verjüngte Ende dieses mit Phosphorsäureanhydrid gefüllten Rohres unter Vermitlung eines dickwandigen Gummischlauches mit dem Glasrohre, welches auf der Kuppe des Glasballons befindlich ist. Hierdurch kann die Luft im Inneren des Exsiccators bei Temperaturschwankungen sich mit der Atmosphäre ins Gleichgewicht setzen und geht hierbei immer nur durch das Phosphorsäureanhydridrohr. Der Gummischlauch, durch welchen der Exsiccator respirirt, ist der Vorsicht halber durch Bindfaden luftdicht auf die betreffenden Glasröhren aufgebunden, der Teller

unter der Glocke mit Phosphorsäureanhydrid gefüllt und in dieses ein niedriges Gefäss mit der zu trocknenden Substanz gestellt.

Die Beschickung des Verbrennungsrohres.

Für die vorliegende Methode würde es von ausserordentlichem Vortheil sein, wenn jede Substanz mit Kupferoxyd vollkommen verbrannt werden könnte. Es schien mir der Mühe werth dies mit einem innigen Gemenge von 50 ccm des feinsten Kupferoxydpulvers und möglichst fein gepulverter brennbarer Substanz nochmals zu erproben. Als Untersuchungsobject wählte ich Hippursäure, weil sie ohne Sauerstoff im Vacuum eine dichte verkohlte Masse zurücklässt, die sich auch bei der stärksten Erhitzung nicht verflüchtigt. Unter mehr als 12 Analysen war nur eine ganz gelungene, während meistens bald grössere bald kleinere Kohlenstoffmengen fehlten — bei sehr häufig richtigem Werthe des Stickstoffes. Untersuchte man das Rohr nach der Verbrennung, so fanden sich bei den mit grösserem Kohlenstoffdeficit behafteten Analysen immer hier und da intensiv kupferrothe Flecke im Kupferoxyd. Hier war also dem Kupfer aller Sauerstoff entzogen worden, d. h. hatte eine zu bedeutende Menge von Hippursäure gelegen; man muss demnach zu Mischungen greifen, die mehr Sauerstoff abgeben: ich wählte die Mischung von Gintl, welche aus circa 6 ccm gepulverten dichromsaurem Kalium und 12 ccm Kupferoxyd besteht. Ich pulverisirte beide Substanzen fein und mischte sie, nahm zuweilen auch weniger oder gar kein Kupferoxyd und erhielt sehr gute Resultate. Der einzige Uebelstand des dichromsauren Kaliums besteht darin, dass es wegen des bei der Verbrennung sich bildenden Chromoxydes im glühenden Zustande eine theerartige, im kalten aber felsenharte Masse bildet, die fast unlöslich in allen Menstruis nur sehr schwer oder gar nicht aus dem Verbrennungsrohr zu entfernen ist. Schon Liebig hat diesen Uebelstand hervorgehoben, der zwingt, zu jeder Verbrennung ein neues Rohr zu nehmen. Um dem zu entgehen, fülle ich die Mischung der organischen Substanz und des dichromsauren Kaliums in ein des umgeworfenen Randes entbehrendes Reagensglas von circa 20 cm Länge und 12 mm lichtem Durchmesser, verschliesse dasselbe mit einem dichten Asbestpropf und umhülle es mit einem dünnen Platinblech, das ich unter und über dem Reagensglas, wie es bei einem Knallbonbon geschieht, zusammendrehe,

wodurch das Platinblech sich ganz glatt anlegt, so dass die Patrone nun leicht in das Verbrennungsrohr eingeschoben werden kann, dessen blindes Ende es ausfüllen soll. Das Platinblech hat den Zweck, zu verhindern, dass das Reagensglas an das Verbrennungsrohr anschmelze, oder dass beim Springen des Reagensglases das flüssige Chromat das Verbrennungsrohr beschmutze. Wenn man vorsichtig verfährt, lässt sich nach der Verbrennung die Patrone aus dem Verbrennungsrohr wieder entfernen.

Die Füllung des Reagircylinders mit der Mischung und die Herstellung der Mischung selbst verlangt noch eine speziellere Beschreibung. Auf einen weissen Papierbogen lege ich ein ganz glattes, soeben wohl ausgeglühltes, hinreichend grosses Platinblech, das, wenn man es gegen das Licht hält, sich frei von kleinen Löchelchen erweist. Ich öffne dann den vor mir stehenden Exsiccator, unter dem ein kleiner Maasscylinder, kurz vorher geglühtes, gepulvertes, dichromsaures Kalium und absolut trocknes feines Kupferoxydpulver oder fein zerriebenes gekörntes Kupferoxyd sich befinden, messe die nothwendigen Quanta schnell ab, schütte sie auf das Platinblech und mische mit dem vorher geglühten Platinspatel. Darauf eröffne ich den kleinen, auf demselben Tische befindlichen Quecksilberexsiccator, in dem sich das gewogene Glasröhrchen mit der Substanz befindet, giesse sie auf das Gemisch und mische abermals mit dem Platinspatel so vollkommen als möglich. Das entleerte Röhrchen wird sofort in den Exsiccator zurückgebracht, um später wieder gewogen zu werden, so dass die Gewichtsdifferenz die angewandte Substanz ergibt. Vorher hat man die Gasmasse, welche 0,1 gr Substanz liefert, berechnet und nimmt annähernd so viel, dass das Eudiometer zu $^3/_4$ bis $^4/_5$ gefüllt wird. Indem ich nun das Platinblech, auf dem das Verbrennungsgemisch ist, zu einer Rinne biege und das eine Ende dieser Rinne zum conischen Rohre forme, führe ich die Spitze des so entstandenen Conus in die Oeffnung des langen Reagensglases und lasse bei schiefer Neigung der gebildeten Platintüte und leisem Anklopfen das Gemische langsam in das Reagensglas einfliessen. Stets bleibt ein Hauch gelben Staubs auf dem Bleche zurück. Ich wische ihn mit Asbest, der von einer vorher geglühten silbernen Pincette gehalten wird, ab und werfe den Asbest dann auch in das Reagensglas oder ich spüle jenen Hauch mit fein zerstossenem, mit Salzsäure gewaschenem und geglühtem Glaspulver von dem

Platinbleche ab. Je weniger hygroskopische Substanz, also je weniger Kupferoxyd die so hergestellte Patrone in sich hat, desto besser wird die Wasserstoffbestimmung. Das dichromsaure Kalium ist viel weniger hygroskopisch als Kupferoxyd. Diese Bemerkung bezieht sich nicht auf gleiche Gewichte der Substanz, sondern auf solche Mengen, die Gleiches für die Verbrennung mit Rücksicht auf Sauerstoffabgabe leisten.

Einige Mal habe ich die Verbrennung auch so ausgeführt, dass ich das Gemisch auf ein zur Rinne geformtes Platinblech schüttete und dieses dann in das horizontal gehaltene Verbrennungsrohr einschob. Wenn dann aber das Gemisch mit dem Glase in keine Berührung kommen soll, muss man bei horizontaler Lage des Rohrs die ganze übrige Füllung vornehmen, was sehr schwierig ausführbar ist, weil das Kupferoxyd sich nicht hinreichend dicht zusammenlagert, die gebräuchlichen oxydirten Kupfernetzspiralen aber für diese Methode im Vacuum sich als ungenügend erweisen, wovon wir uns experimentell überzeugten.

Ein anderer Uebelstand des dichromsauren Kaliums besteht darin, dass es an solchen Stellen, wo grössere Mengen brennbarer Substanz sich zufällig angehäuft haben, ganz zu theerdickem Chromoxyd reducirt wird und so unverbrannte Reste einschliesst. Man ist also auch bei der Anwendung des dichromsauren Kaliums nicht von der allersorgfältigsten Mischung der brennbaren Substanz mit dem fein gepulverten Salz entbunden.

Ein anderer Uebelstand, den wir a priori sehr fürchteten, erwies sich in praxi als kaum vorhanden. Das dichromsaure Kalium entwickelt bekanntlich bereits bei Rothglut freien Sauerstoff, während unsere Methode voraussetzt, dass keine anderen Gase als Kohlensäure und Stickstoff gebildet werden. Wir vermieden aber jenen befürchteten Uebelstand durchaus, indem wir bei sehr geringer Erwärmung, die noch keine Sauerstoffentwicklung bedingt, die Verbrennung vornehmen, nach Abschluss derselben das Verbrennungsrohr leer pumpen, dann den Hahn desselben schliessen und nun das Verbrennungsgemisch zuletzt nochmals und zwar stärker erhitzen. Der Sauerstoff, welcher sich jetzt entwickelt, kann aus dem hermetisch verschlossenen Verbrennungsrohr nicht entweichen und wird sofort von dem glühenden metallischen Kupfer absorbirt. Wenn dann das Verbrennungsgemisch nach Mässigung der Hitze sich wieder abgekühlt hat, und der Hahn des Rohres

geöffnet wurde, erhielten wir gewöhnlich noch ein paar Kohlensäureblasen, zuweilen auch gar Nichts mehr, niemals Sauerstoff.

Was nun die weitere Füllung des Verbrennungsrohrs betrifft, so kommt auf das Reagensglas eine die Wärme schlecht leitende Schicht von 8—10 cm Länge, die ich entweder aus Asbest oder durch 2 bis 3 hinter- und aufeinander liegende Porcellanschiffchen herstelle, auf welche dann ein Asbestpropf gesetzt wird. Man stellt nun das Rohr aufrecht und giesst erst feinkörniges Kupferoxyd (35 cm) ein, darauf aus solchem feinkörnigen Kupferoxyd hergestelltes metallisches Kupfer (20 cm), setzt abermals einen Asbestpropf auf und auf diesen einen dicken Glasstab, der das Verbrennungsrohr so weit fast ganz ausfüllt, als es aus dem Ofen herausragt. Dies hat den Zweck den Raum im Rohr zu verkleinern, damit sich schneller nach Beginn der Verbrennung ein höherer Gasdruck herstelle.

Die Bereitung des Kupferoxydes und Kupfers verlangt noch einige Bemerkungen.

Wie alle Chemiker wissen, ist es ganz ausserordentlich schwer, das Kupferoxyd absolut zu trocknen und das längere Glühen im Vacuum während der Verbrennung und nach derselben beim Evacuiren der entstandenen Gase treibt jede Spur von Feuchtigkeit aus. Wiederholt habe ich mich überzeugt, dass Kupferoxyd, welches auf die gebräuchliche Weise vor der Verbrennung sorgfältig getrocknet worden war, bei nachherigem Glühen im Vacuum noch 4—6 Milligramm Feuchtigkeit abgab. Bei unserem Verfahren wird nun eine sehr grosse Kupferoxydmenge benutzt, und diese obendrein noch fein gepulvert, also die Feuchtigkeit condensirende Oberfläche vergrössert, weshalb die Trocknung mit besonderen Schwierigkeiten verknüpft ist. Wir verfuhren demnach so, dass wir das feingepulverte Kupferoxyd in einem gewöhnlichen Rohr im Verbrennungsofen glühten und einen sehr langsamen Sauerstoffstrom hindurchdrückten, nicht sogen. Dieser Sauerstoff war vor dem Eintritt in das Rohr erst durch eine lange mit schwefelsäuregetränktem Bimsteine, dann durch eine solche mit Phosphorsäureanhydrid gefüllte Röhre gestrichen und passirte nach dem Austritte aus dem Verbrennungsrohr eine vorher gewogene mit Phosphorsäureanhydrid gefüllte Vorlage. Aus dieser trat der Sauerstoff durch Schwefelsäure in die Atmosphäre. Von Zeit zu Zeit wurde die Phosphorsäureanhydridvorlage gewogen, und die Durch-

leitung so lange fortgesetzt, bis das Gewicht constant blieb. Nach Erlangung einiger Uebung kann man später ohne die Wägungen beurtheilen, wann das Kupferoxyd als trocken angesehen werden darf.

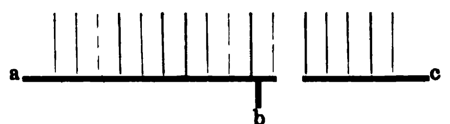
Was nun das metallische Kupfer betrifft, welches hier nicht bloss zur Reduction der Oxyde des Stickstoffs, sondern auch zur Elimination etwa aus dem chromsauren Salz frei gewordenen Sauerstoffs nöthig ist, so wissen die Chemiker, wie hartnäckig der Wasserstoff dem Metalle anhaftet. Wir haben demnach vor der Verbrennung durch starkes Glühen den Wasserstoff in Vacuo ausgetrieben und das Evacuiren des entwickelten Wasserstoffs so lange fortgesetzt, bis das Kupfer kein Gas mehr abgab. Es lässt sich dann für mehre Analysen verwerthen, ohne aufs Neue reducirt worden zu sein. Spirale von Kupferdrahtgewebe anzuwenden war bei dieser Methode nicht genügend, da die sehr viel grössere Oberfläche des Kupferpulvers noch nicht einmal ganz ausreichte, um immer alles Stickoxyd zu Stickstoff völlig zu reduciren.

Die Trocknung des leeren Verbrennungsrohres selbst geschah in der Weise, dass es, nachdem es sorgfältigst gereinigt, erst mit Wasser, dann mit Alkohol und endlich mit absolutem Aether ausgespült wurde. Hängt man ein solches Rohr dann 1 Fuss über einem schwach brennenden Verbrennungsofen auf, und führt ein langes dünnes trocknes Glasrohr bis auf den Grund, um einen langsamen ganz trocknen Luftstrom hindurchzutreiben, so ist die Trocknung schnell erreicht. Man verschliesst es darauf mit der gläsernen aufgeschliffenen Kappe, verbindet das Rohr der Kappe mit einem mit Chlorcalcium oder Phosphorsäureanhydrid gefüllten Rohre und öffnet den Hahn, sodass das Rohr bei Temperaturschwankungen respiriren kann. Im Grunde der Kappe befindet sich ein Propf von frisch ausgeglühtem, nicht staubendem Asbest, der den Zweck hat zu verhindern, dass bei der Evacuation nicht Kupferstaub fortgeführt und in die Apparate gelange, welche zur Absorption des Wassers bestimmt sind.

Specielle Beschreibung des Apparates.

Der Verbrennungsofen (siehe die Tafel III.) besteht aus einem grösseren Verbrennungsofen von 68 cm Länge und einem kleineren von 24 cm Länge, von solcher Einrichtung, dass beide Oefen in einen continuirlichen Ofen dadurch verwandelt werden können,

dass man den kleineren unmittelbar an den grösseren bis zur Berührung heranschiebt. Um dies zu ermöglichen hat der kleinere Ofen (s. die schematische Figur des Brennersystemes) nur ein offenes Rohrende (c) für den das Gas zuführenden Gummischlauch;



während bei dem grösseren Ofen das Gas dem Hauptrohre bei a und dann durch das seitlich angebrachte kurze Rohr b zugeleitet wird. Ueber den Brennern jedes Ofens befindet sich eine Eisenrinne, welche so tief ist, dass das gläserne Verbrennungsrohr ganz in ihr aufgenommen wird. Die Eisenrinnen wurden immer sorgfältig mit Asbest gefüttert. Ein Springen der werthvollen Rohre hat selbst bei der lebhaftesten Rothglut niemals stattgefunden. Meine Röhren, die ich von Dr. Geissler bezog, waren von sehr schwer schmelzbarem Glase (böhmische), hatten einen lichten Durchmesser von circa 1,5 cm und eine Länge von circa 120 cm. Dieses Verbrennungsrohr hat ein blindes Ende, welches immer auf der Rinne des kleineren Ofens ruht in einer Länge von 20 cm. Das offene Ende des Verbrennungsrohres ragt circa 20 cm aus dem grösseren Ofen heraus (siehe die Tafel) und trägt hier eine gläserne durch Schliff luftdicht schliessende Kappe, die aufsitzt wie ein Fingerhut auf dem Finger. Diese Kappe verlängert sich durch Vermittlung einer Verjüngung in ein mit einem Hahne (1) versehenes Glasrohr α. Dieses Rohr α passt sich durch Schliff s_2 dem Rohr β an; das Rohr β biegt sich bei a in einem rechten Winkel vertikal aufwärts und bei b abermals in einem rechten Winkel horizontal, so aber, dass die Ebene, in der der Winkel a liegt, senkrecht auf der Ebene des Winkels b steht. Bei σ_3 ist abermals ein Schliff. Der Grund dieser Biegungen wird später erörtert. Bei s_3 schliesst sich das Rohr durch Schliff an das U-förmige Chlorcalciumrohr c an. Auf den beiden Schenkeln des Chlorcalciumrohres sitzen zwei Stopfen d, welche durchbohrte Hähne darstellen, sodass sie bei der einen Stellung dem Gase einen Durchgang durch das Chlorcalcium gestatten, in der andern Stellung das Innere des Chlorcalciumapparates vollkommen hermetisch abschliessen. Bei s_4 verbindet sich der Chlorcalciumapparat durch einen Schliff mit dem Schwefelsäureventile e. Dieses ist ein cylindrisches Fläschchen

von 16 cm Länge und 2 cm Durchmesser, welches oben durch einen eingeschliffenen Stopfen verschlossen ist. Dieser Stopfen ist hohl und verlängert sich in eine Glasröhre, welche in der Axe des Fläschchens herabsteigt und 1 cm über dem Grund des Fläschchens endigt, also in die Schwefelsäure auf dem Grunde desselben so eintaucht, dass die Mündung des Glasröhrchens etwa 5 mm unter der Oberfläche der Schwefelsäure liegt. An einer bestimmten Stelle besitzt der Stopfen ein rundes Loch, welches bei einer bestimmten Stellung des Stopfens eine Communication zwischen dem Innern des Stopfens und dem Glasrohre, welches das Gas vom Chlorcalciumapparat durch s_4 leitet, herstellt. Das Gas muss dann bei dieser bestimmten Stellung des Stopfens durch die Schwefelsäure streichen und verlässt das Fläschchen durch das Seitenrohr g, welches bei keiner Stellung des Stopfens abgeschlossen werden kann. Damit die zuweilen sich bildenden Schaumblasen der Schwefelsäure nicht in das Rohr g und weiter getrieben werden können, besitzt das centrale Röhrchen des cylindrischen Fläschchens in der Mitte seiner Länge eine kugelförmige Erweiterung, welche das Innere des Cylinders fast ganz ausfüllt. Sobald die Blasen bis hierher aufgestiegen sind, zerspringen sie. Diese Anordnung leistete vorzügliche Dienste und versagt nur, wenn die Schwefelsäure bereits viel Wasser absorbirt hat, wo sie sehr geneigt ist, wie Seifenlauge zu schäumen. Nimmt man immer reine concentrirte Schwefelsäure, so wird man durch das Schäumen niemals, Dank jener Kugelvorrichtung, belästigt.

Dieses Schwefelsäureventil leistet dem Gasstrom einen nur geringen Widerstand. Sobald man aber evacuirt, kommt endlich eine Grenze der Verdünnung der Luft, sodass die jenseits des Ventils befindliche den Widerstand nicht mehr zu überwinden vermag. Um also diesen Widerstand jetzt beseitigen zu können habe ich an dem Stopfen des Schwefelsäureventiles noch eine Bohrung anbringen, d. h. ihn von einem gläsernen Kanal so durchbohrt werden lassen, dass bei einer anderen bestimmten Stellung des Stopfens das Gas den Stopfen direct durchsetzt und in das cylindrische Fläschchen gelangt, ohne durch die Schwefelsäure gegangen zu sein.

Der soeben beschriebene Wasserabsorptionsapparat erwies sich als durchaus genügend. Wenn er frisch mit Sorgfalt hergerichtet ist, hat nach dem Abschluss der Verbrennung und Evacuation das Chlorcalciumrohr fast alles Wasser aufgenommen, sodass die Ge-

wichtszunahme des Schwefelsäureventiles höchstens 1 bis 2 mgr beträgt, zuweilen auch Null ist. Man kann die Vorrichtung mehrmals hintereinander benutzen, ohne sie zu erneuern. Sobald aber die Gewichtszunahme des Schwefelsäureventiles nach dem Versuch 2 bis 4 mgr beträgt, muss man das Chlorcalcium erneuern. Die Schwefelsäure nimmt man zweckmässig zu jedem Versuche frisch. Das Gewicht des gefüllten Chlorcalciumapparates betrug im Durchschnitt circa 50 gr, das des Schwefelsäureventiles annähernd ebenso viel.

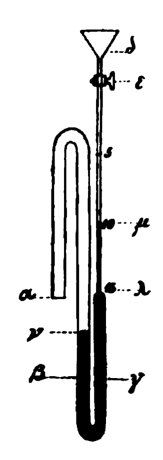
Bei g schliesst sich nun durch Schliff ein zweites ganz gleich beschaffenes Schwefelsäureventil (l) an, welches den Zweck hat, Feuchtigkeit, die etwa aus dem Quecksilber des Vacuums oder den anderen Räumen kommt, von den soeben beschriebenen Apparaten abzuhalten, die zur Bestimmung des Wassers dienen. Das Rohr i des Schwefelsäureventiles (l) ist in einem Winkel gebogen, sodass das Röhrensystem hier abermals seine Richtung ändert. Die Ebene des Winkels dieser Biegung liegt annähernd horizontal.

Bei s_5 schliesst sich durch Schliff das Schwefelsäureventil an ein starkes Rohr, welches bei 3 einen Hahn hat und noch einen bei 4, der dicht an dem Vacuum der Pumpe sitzt, den Uebergang zu diesem beherrschend. Dieses Rohr u hat nun einen Seitenarm (n), der durch den Hahn 5 abschliessbar ist.

Dieses Rohr u trägt ausserdem die Barometerprobe, die ich indessen zu dem vorliegenden Zwecke so abgeändert habe, dass sie richtiger als Luftmanometer bezeichnet wird. Wie ich sogleich hier hervorhebe, muss die Verbrennung so geleitet werden, dass die unverbrannten flüchtigen Sublimationsproducte mit nicht allzu grosser Geschwindigkeit über das glühende Kupferoxyd hinwegziehen. Hierbei ist es ziemlich gleichgültig, ob diese Sublimationsproducte in mehr oder in weniger verdünntem Zustande sich befinden. Verbrennt man also, während in dem Verbrennungsapparat ein nur sehr geringer Druck ist, so dauert die Verbrennung sehr lange, weil die Gasmassen, welche sich über das glühende Kupfer bewegen, so sehr verdünnt sind, dass selbst ein grösseres Volum eigentlich nur Spuren von Substanz enthält. Bei plötzlichen Steigerungen der Oxydation, die nicht immer mit absoluter Sicherheit zu vermeiden sind, strömt dann die neu entstandene grössere Gasmenge mit zu grosser Geschwindigkeit über das glühende Kupferoxyd und Kupfer. Es gehen so leicht Sublimationsproducte unverbrannt über und das Stickoxyd wird nicht vollständig reducirt. Es ist also mit

einem Worte wünschenswerth, dafür zu sorgen, dass in dem Verbrennungsapparat möglichst schnell ein höherer Gasdruck sich ausbilde. Es ist aber nicht wünschenswerth, dass dieser einen Atmosphärendruck erreiche. Der Grund ist folgender.

Wer das erste Mal meinen Apparat mit der so grossen Zahl von Schliffen und Hähnen sieht, sollte es für unmöglich halten, dass er absolut hermetisch schliesst. Dank der vorzüglichen Arbeit der Geissler'schen Werkstätte ist dem aber doch so, so sehr so, dass bei den zahlreichen Analysen, welche wir in dem letzten Jahre mit diesem Apparate gemacht haben, ein Eindringen von Luft niemals, sage niemals vorgekommen ist. Es versteht sich aber von selbst, dass der Apparat mit Sorgfalt zusammengesetzt sein muss, was man daran erkennt, dass alle Schliffe spiegelblank, also nicht matt aussehen. Dann kommt aber noch eine Bedingung, und um diese handelt es sich hier. Der absolute Schluss hat einen sehr wesentlichen Grund darin, dass der Apparat evacuirt sei. Der Luftdruck presst alle Schliffe mit grosser Gewalt in einander und macht sie dicht. Zwei Schliffe eines evacuirten Apparates, die man nur mit Anwendung bedeutenden Zuges aus einander bringen kann, lösen sich mit Leichtigkeit, wenn man vorher Luft in den Apparat eingeführt hat. Deshalb lasse ich während der Verbrennung den Druck im Apparate möglichst schnell auf 50 cm Hg steigen, nicht aber über mehr als 60 bis 65 cm zunehmen. Ich habe eine Vorrichtung ersonnen, vermöge deren der Apparat selbst den Gasdruck im Inneren regulirt. Einen Theil dieser Vorrichtung bildet das Luftmanometer.



Dieses ist im Wesentlichen gebaut wie die Barometerproben an den Geissler'schen Pumpen, die ich als bekannt voraussetzen darf. Beifolgendes Schema wird das Manometer leicht verständlich machen. Das gewundene Glasrohr communicirt bei α (S. nebenstehendes Schema) durch einen Schliff mit dem Rohr u (S. die Tafel) der Pumpe. Das andere Ende des Manometers endet in einem kleinen Trichter δ und kann durch einen bei ε angebrachten Glashahn hermetisch abgeschlossen werden. (S. nebenstehendes Schema.) Von ε bis λ ist das Rohr viel enger als in den übrigen Theilen, wie das im

Schema angedeutet ist. Von ε nach λ und γ ist das Rohr mit Millimeterscala versehen. — Quecksilber befindet sich im U-förmigen Theile $\beta\gamma$ wie gewöhnlich.

Um nun das Manometer ein für allemal für den Gebrauch herzurichten, öffne ich den Hahn ε, lasse Luft durch Hahn 12 in das Vacuum der Pumpe, während Hahn 4 offen, 3, 5 geschlossen sind. Darauf hebe ich die untere Quecksilberkugel der Pumpe, nachdem der oberste Hahn der Pumpe geschlossen wurde; erzeuge also eine Verdichtung der Luft, welche das Quecksilber im Schenkel $\varepsilon\gamma$ bis zur Zahl 10 treibt, welche sich bei μ befindet. Der ganze engere Theil ($\varepsilon\lambda$) des Rohres hat nämlich eine Länge von 15 cm. Diese 10 cm lange Luftsäule $\varepsilon\mu$ steht nun unter Atmosphärendruck, weil Hahn ε offen ist. Der Druck ist also = 76 cm.

Auf die kleinen Abweichungen von einem Tage zum anderen kommt es hier nicht an. Während nun das Quecksilber bis μ reicht, steht es im anderen Schenkel etwa 8 cm tiefer bei ν. Daraus folgt, dass in der Pumpe jetzt ein Druck herrscht, welcher ist = 76 + 8 = 84 cm. Nachdem dies festgestellt wurde, schloss ich bei unverändertem Stande der beiden Quecksilbersäulen des Manometers (in dem also die Oberfläche der einen bei μ, die der anderen bei ν stand) den Hahn bei ε und schüttete zum absolut sicheren Verschluss Quecksilber in das Trichterchen δ.

Nehmen wir nun an, dass in Folge einer Luftverdünnung im Apparate die Oberfläche der Quecksilbersäule von μ nach λ sänke, so hätte sich die Länge der Luftsäule ohne Veränderung ihres Querschnittes von 10 auf 15 cm ausgedehnt, also im Verhältniss von 2 zu 3; im umgekehrten also den Druck vermindert. Der verminderte Druck verhält sich also zu 76 cm, wie 2 zu 3, d. h. beträgt nun 47,3 cm. Um hieraus den Druck zu finden, der in den Räumen der Pumpe herrscht, hat man zu bedenken, dass während die Quecksilbersäule im engen Sckenkel sich von μ nach λ, also um 5 cm senkte, sie im rechten Schenkel um 0,5 cm stieg. Es steht also die eine Quecksilbersäule um 2,5 cm höher als die andere.

Demnach ist der Druck im Innern der Pumpe:

$$47{,}3 + 2{,}5 = 49{,}8.$$

Es handelt sich nun darum eine Bedingung herzustellen, derzufolge der Druck, der im Beginne der Verbrennung im Apparat

bis zu diesem Werthe von circa 49,8 cm gestiegen ist, nur bis 60 cm und nicht wesentlich höher steigt.

Dies erreichte ich durch folgende Einrichtung. Nachdem die Räume der Pumpe evacuirt sind, kurbelt man langsam die bewegliche grosse Glaskugel empor bis das Quecksilber die Leere der obern Kugel (das grosse Vacuum) fast vollständig erfüllt hat und mit seiner Oberfläche im oberen Hals derselben etwa 2—4 cm unter dem Eingang in den geöffneten grossen Hahn 4 steht. Nunmehr legt man wie es auf der Tafel zu sehen ist eine Klemme an den Gummischlauch, der die beiden Kugeln der Pumpe mit einander verbindet[1]). Darauf setzt man durch sehr langsame Umdrehung des oberen Hahnes (12) der Pumpe das Vacuum mit der äusseren Atmosphäre in Verbindung, was am einfachsten dadurch geschieht, dass das Rohr ϱ nicht unter die Oberfläche des Quecksilbers in der Wanne W taucht. Man lässt nun die Luft sehr langsam in das Vacuum einströmen, bis das Luftmanometer nach obigen Voraussetzungen 50 cm Druck im Inneren der Pumpe anzeigt, d. i. bis (S. obige schematische Figur S. 127) die Quecksilbersäule bis λ emporgestiegen ist. Bei dem relativen Stand der beiden communicirenden Quecksilberkugeln würde dieser bedeutende Luftdruck das Quecksilber aus dem Vacuum treiben. Dieses kann aber nicht entweichen, weil wir an den Gummischlauch vorher die Klemme x angelegt haben. Nachdem der obere Hahn der Pumpe wieder vollkommen geschlossen, öffnen wir jetzt die Klemme am Schlauche. Es entleert sich sofort ein sehr grosser Theil des Quecksilbers aus der oberen in die untere Kugel und das Manometer sinkt natürlich entsprechend dem sich herstellenden viel kleineren Druck. Darauf kurbeln wir langsam die untere Kugel weiter empor, bis die Oberfläche des Quecksilbers in der oberen Kugel wieder denselben Stand wie vorher hat, so dass dann auch das Luftmanometer wieder denselben Druck anzeigt. Wir merken uns nun genau, wie hoch die untere Kugel, resp. der diese Kugel tragende Kasten steht oder fixiren denselben ein für allemal. Denn diese Lage der

1) Diese von mir angegebenen Klemmen zeichnen sich aus durch die grosse Geschwindigkeit, mit der sie angelegt und entfernt werden können, und durch die Zuverlässigkeit, mit welcher sie schliessen. Eine genaue Beschreibung und Abbildung findet sich in diesem Archive Bd. 6. Taf. II Fig. 2. — Beschreibung im Text pg. 72.

Kugel ist von grosser Wichtigkeit für alle späteren Versuche, vorausgesetzt, dass immer annähernd gleichviel Quecksilber in der Pumpe ist. Es ist leicht einzusehen, dass, wenn der Druck einer Quecksilbersäule, deren Höhe gleich ist dem vertikalen Abstande der Quecksilberniveaus in den beiden Kugeln der Pumpe, abgezogen wird vom Atmosphärendruck die Differenz gleich dem Druck des Gases in der Pumpe ist. Mit anderen Worten: das jetzt in seiner freien Bewegung nicht gehemmte Quecksilber ist im Gleichgewicht bei der bestimmten Lage der unteren Kugel, sobald im Vacuum der bestimmte Druck von 50 cm Hg existirt.

Denken wir uns das Quecksilber habe in einem gegebenen Augenblicke während einer Verbrennung genau diese Lage, sobald durch die Anhäufung der Verbrennungsgase der Druck bis 50 cm gestiegen ist. Da er continuirlich wächst, so drückt er nun einen Theil des Quecksilbers aus der oberen in die untere Kugel. Bei allen Verbrennungen stieg nun an meiner Pumpe bis zum Ende der Operation der Druck nie höher als circa 60 cm, d. h. das Verfahren bewährte sich vorzüglich.

Wie bewirkt man nun, dass im gegebenen Augenblick, wo der Druck = 50 cm ist, das Quecksilber die vorher vorausgesetzte Lage hat! Einfach: indem man schon vor der Verbrennung das Quecksilber in diese Lage zwingt. Dies geschieht folgendermassen:

Der Kasten, welcher die bewegliche Kugel trägt und selbst durch das Räderwerk von der Kurbel aus in Bewegung gesetzt werden kann, ist bei uns also ein für allemal fixirt. In dem Boden des Kastens, auf dem die Glaskugel ruht, ist ein Schlitz, so dass man diese mit dem daran hängenden Gummischlauche leicht herausnehmen und auch wieder hineinhängen kann. Ich nehme sie also vor dem Versuche nach Zusammenstellung des ganzen Apparates, heraus und pumpe aus freier Hand, ohne also das Räderwerk zu gebrauchen, die Pumpe vollkommen leer. Dann hebe ich die bewegliche Kugel gerade so hoch, dass die Oberfläche des Quecksilbers in der oberen Kugel genau so wie vorher steht, 2—4 cm unterhalb des Hahnes 4. Jetzt klemmt man den Gummischlauch mit einer Klemme zu und hebt dann die untere Flasche zu ihrer vorgezeichneten Höhe in den fixirten Kasten. Da der vertikale Abstand der Quecksilberoberflächen in der oberen und unteren Kugel bei weitem kleiner als 76 cm ist und in der Pumpe ein Vacuum, so würde das Quecksilber auf der Stelle aus der

unteren Kugel weiter in die obere und die angrenzenden leeren Räume steigen, wenn die Klemme am Schlauche dies nicht verhinderte. Da es nun vorkommen könnte, dass diese Klemme plötzlich zerbräche, was mindestens das Misslingen des Versuches zur Folge hätte, habe ich der Sicherheit halber immer zwei meiner Vogelschnabelklemmen neben einander anlegen lassen.

Sobald also während der Verbrennung der Druck im Innern so weit gestiegen ist, dass man Grund zu der Annahme hat, es werde nunmehr das Quecksilber durch diesen Druck im Gleichgewicht gehalten, so schliesst man den Hahn 4 und entfernt die Klemmen von dem Schlauche.

Hatte man nun die Klemmen, was immer zu rathen ist, ein wenig zu früh abgenommen, so steigt das Quecksilber in dem oberen Halse der Pumpe 1—2 cm empor. Darauf öffnet man langsam und vorsichtig den Hahn 4 ein wenig und gibt scharf Acht, ob am Schwefelsäureventil ein Rücksteigen der Schwefelsäure gesehen wird, worauf man wieder 4 schliesst; dies wiederholt man so lange, bis beim Oeffnen von 4 der Gasstrom keine Veränderung mehr erfährt oder gar ein wenig beschleunigt wird, wo sich dann das Quecksilber im Hals der Pumpe allmählig senkt. Sollte einmal beim Oeffnen von Hahn 4 etwas Quecksilber in den Hahn und das dahinterliegende Rohr gelangen, so schadet das nicht. Denn absichtlich stehen beide etwas schief, so dass der geringe Nachdruck des Gases genügt das Quecksilber wieder in die Pumpe zu treiben. Sobald der gedachte Augenblick überwunden, regulirt sich das Andere von selbst. Die ganze bei der Beschreibung umständlich erscheinende Manipulation macht sich practisch so leicht, dass sie mir nie mislungen ist.

Was nun die Seitenleitung betrifft, so zweigt sich dieselbe wie aus der Tafel ersichtlich einmal vom Rohr β ab senkrecht nach aufwärts, trägt den Hahn (6) und verbindet sich durch Schliff mit einem kurzen, den Hahn 7 tragenden Glasrohr, über welches ein dickwandiger Gummischlauch luftdicht festgebunden ist. Dieser Gummischlauch ist mit dem anderen Ende ebenso auf das rechtwinkelig gebogene Glasrohr o gebunden, welches durch den Schliff p mit dem grossen Trockenapparat q communicirt. Dieser Apparat besteht aus zwei vertikalen Glascylindern von 14 cm Länge und 2,5 cm Durchmesser. Ihre obere Oeffnung ist durch je einen eingeschliffenen Stopfen hermetisch verschliessbar. Nach unten ver-

engen sich beide Cylinder erst sehr stark, und erweitern sich dann zu einer Kugel von circa 4 cm Durchmesser. Die beiden Cylinder communiciren unter einander durch das Zwischenrohr t und die Gase erhalten den Zutritt durch die Rohre r_1 und r_2. Gefüllt sind die grossen Cylinder mit Bimsteinstücken, die mit reiner Schwefelsäure getränkt sind. Die unteren Kugeln werden ebenfalls etwa zur Hälfte mit concentrirter Schwefelsäure gefüllt. Damit die Gase gezwungen seien durch den ganzen mit Bimstein erfüllten Raum zu streichen, setzt sich das Rohr r_1, die Wand des Cylinders durchbohrend, in dessen Inneren bis zur unteren Verjüngung fort, um hier frei zu enden. Ganz ebenso verhält sich das Rohr t mit Rücksicht auf den im Bilde links abgebildeten Cylinder. Vermöge dieser Einrichtung kommt das Gas von r_1, steigt in dem Binnenrohr des rechts abgebildeten Cylinders q nach abwärts, dann aufwärts durch den Bimstein in demselben Cylinder, geht durch t nach dem Binnenrohre des linken Cylinders q, aufwärts durch diesen und verlässt den Trockenapparat durch r_2. Wie die Figur zeigt, ist dieser durch die Hähne 8 und 9 von den anderen Räumen abschliessbar. Das Rohr r_2 setzt sich nun durch einen dickwandigen Gummischlauch und Schliffe principiell ebenso mit dem Rohre u in Verbindung wie r_1 mit β. Den Hähnen 6 und 7 entsprechen links die Hähne 5 und 10, zwischen denen ein Schliff ist. Dieser Theil des Apparates ist auf der Zeichnung nicht sichtbar. Die Zeichnung wurde nach einer Photographie gemacht und diejenige Ansicht gewählt, bei der man möglichst viele Theile des complicirten Apparates übersehen konnte.

Zwischen Hahn 8 und p zweigt sich nach abwärts noch ein Rohr ab, das den Hahn 11 trägt und mit einem Gummischlauche in Verbindung steht, der selbst wieder mit einem System von Trockenapparaten communicirt. Dieses besteht aus drei Gefässen, die mit Chlorcalcium, Schwefelsäure und Phosphorsäureanhydrid gefüllt sind. Diese 3 Gefässe dienen dazu, Luft zu trocknen, welche gewissen Räumen der Pumpe durch Hahn 11 zugeführt werden kann. Die atmosphärische Luft geht dann erst durch Chlorcalcium, dann durch Schwefelsäure und endlich durch Phosphorsäureanhydrid.

Alles Andere wird ohne weitere Beschreibung verständlich sein. Wie man sieht (s. Tafel), befindet sich links neben der Pumpe eine kräftige Console an der Wand, auf welcher die mit

Quecksilber gefüllte Bunsen'sche Wanne steht. Das 1 Meter lange mit Quecksilber gefüllte Eudiometer liegt so schief, dass kein Vacuum in ihm entstanden ist. Das schwere Eudiometer ist mit Hülfe eines Riemens auf der Rinne festgeschnallt, die ihm als stützende Unterlage dient. Damit das dünne Glasrohr, welches aus der Pumpe die Gase in das Eudiometer überführen soll, dies ganz sicher thue und auch nicht so leicht dem Zerbrechen ausgesetzt sei, habe ich einen steifen Gummischlauch von circa 6 cm Länge auf das aufwärts gekrümmte Ende dieses gaszuleitenden Glasrohres gebunden; der Gummischlauch lässt sich leicht, nachdem er ganz wie das Glasrohr mit Quecksilber gefüllt, in das Eudiometer einführen.

Es wird nunmehr zweckmässig sein, einige Worte zur Rechtfertigung gewisser Anordnungen dieses Apparates zu sagen.

Ich habe mich überzeugt, dass die dickwandigen weissen Gummischläuche, welche in neuerer Zeit in den Handel kommen, so vollkommen undurchdringlich gegen Gase sind und so gut auf Glasrohre aufgebunden werden können, dass man sicherere und bequemere hermetische, bewegliche Communication nicht wünschen kann. Auch werden die Lumina dieser Schläuche wegen der Dickwandigkeit derselben nicht zusammengedrückt, resp. unwegsam gemacht, nachdem sie evacuirt worden sind. Weshalb also habe ich keinen grösseren Gebrauch von diesen Gummiröhren gemacht? Die Sache ist folgende.

Ich hatte früher oft gesehen, dass ein Gummischlauch, der hermetisch abgeschlossen und in dem Kohlensäure stagnirte, nach ungefähr 24 Stunden total platt, comprimirt war, weil die Kohlensäure sich entfernt hatte, ohne dass ein anderes Gas an deren Stelle getreten war. — Ich stellte also ein Eudiometer mit Kohlensäure auf, und führte ein Stück der dickwandigen weissen Gummischläuche ein, das vorher auf das Sorgfältigste mit verdünnter Salpetersäure und Wasser gewaschen worden war. Mit Hülfe eines Drahtes wurde der Gummischlauch über dem Quecksilber erhalten, so dass man bequem den Stand desselben ablesen konnte. Ich war nicht wenig erstaunt, als ich sah, mit welcher Energie der Schlauch die Kohlensäure absorbirte. Ein Centimeter nach dem andern schwand; allmählig wurde die Absorption schwächer, dauerte aber abnehmend mehre Tage. Ich sott darauf solchen Schlauch in Stearinsäure von 80—90° C. während einiger Stunden. Die

Säure zerfrass den Schlauch bis auf bedeutende Tiefe und trotzdem absorbirte dieser gesottene Schlauch, in den mit Kohlensäure gefüllten Eudiometer gebracht, dieses Gas, zwar weniger energisch, aber immer noch ganz unzweifelhaft. Es ist nun trotzdem möglich, dass unter gewissen Voraussetzungen diese sonst so vorzüglichen Schläuche an meinem Apparate verwandt werden können. Das setzte aber erst eine besondere Untersuchung voraus und aus diesem Grunde, und um die Unsicherheiten nicht noch weiter zu steigern, gebrauchte ich nur Glas zur Leitung der Gase überall da, wo man es mit zu messenden Kohlensäurequantitäten zu thun hat.

Wenn man aber zwischen die absolut feststehende gläserne Pumpe und das schwere gläserne Verbrennungsrohr eine so grosse Zahl zum Theil ziemlich zarter und spröder Glasapparate einschalten will, wird man finden, dass dies nur unter bestimmten Bedingungen möglich ist, wobei man nicht vergessen darf, dass das freie Ende des Verbrennungsrohrs, welches sich mit dem gläsernen Systeme der Zwischenvorrichtungen in Verbindung setzt, sogleich, wenn die Flammen des Ofens angesteckt werden, sehr grosse Verschiebungen und zwar nach aufwärts erleidet, die wesentlich ihren Grund in der Temperaturdifferenz zwischen den der Hitze näheren und ferneren Theilen des Verbrennungsrohres haben. Das Verbrennungsrohr ist mit einem Worte während der Verbrennung in fortwährender Bewegung und folglich auch alle Apparate, die durch Schliffe mit dem Verbrennungsrohre in Verbindung stehen.

Um diese Beweglichkeit zu ermöglichen, habe ich dem Systeme eine solche Einrichtung gegeben, dass drei nahezu aufeinander senkrechte Axen existiren, um welche das Rohr β rotiren kann, welches mit dem Verbrennungsrohr durch Schliff in Verbindung steht. In Folge dessen kommt diesem Theile eine fast freie Beweglichkeit zu.

Diese Gesichtspunkte werden die an meinem Apparate beschriebenen wiederholten Aenderungen in der Richtung der Axe der Schliffe motiviren.

Hieraus folgt denn auch, welches die richtige Art ist, den Apparat zusammenzusetzen oder auseinander zu nehmen.

Die Höhe des Tisches, auf welchem der Verbrennungsofen steht, ist durch die Höhe der Beine desselben, resp. untergeschobener massive Klötze leicht zu reguliren und dies braucht über-

haupt nur einmal zu geschehen, da kleinere Differenzen durch die Beweglichkeit des Apparates sich ausgleichen.

Soll also der Apparat zusammengesetzt werden, legt man das beschickte Verbrennungsrohr in den Ofen, so dass seine Richtung annähernd richtig ist, also eine Correction der Lage nur durch Verschiebung des Rohres in der Richtung seiner Axe vorwärts und rückwärts geschieht. Nun steckt man zuerst das Schwefelsäureventil (l) an die Pumpe, dann an dieses die beiden, bereits in einander gesteckten Wasserbestimmungsapparate, d. h. das Schwefelsäureventil e und das Chlorcalciumrohr c. Nachdem dann Winkel b mit dem gebogenen T-rohr β zusammengefügt, setzt man diese bei s_4 an und stützt Rohr β durch einen horizontalen, mit Gummirohr bekleideten, an einem Stativchen befestigten Metallstab, wie es die Tafel zeigt. Nun gibt man dem Rohre β, indem man nach dem Verbrennungsrohre visirt, eine solche Lage, dass durch einfaches Vorwärtsschieben der Schliff des Verbrennungsrohrs in den Schliff des Rohrs β vollkommen hermetisch aufgenommen wird, so dass bei einer geringen mit der Hand bewirkten Rotation des Verbrennungsrohres um seine Axe die Schliffflächen absolut spiegeln, was das Zeichen des guten Verschlusses ist. Oft erscheint es auch von Nutzen, den Verbrennungsofen vor der Anfügung des Verbrennungsrohres ein wenig zu verschieben, bis dasselbe die richtige Lage hat. **Also das Verbrennungsrohr wird zuletzt bei Schliff s_2 angefügt.**

(Ebenso wird die Vorrichtung an dieser Stelle geöffnet, wenn die Apparate wieder auseinandergenommen werden. Man fasst mit der linken Hand β, mit der rechten Hand das Verbrennungsrohr, rotirt dasselbe um seine Axe hin und her und übt dabei einen schwachen Zug, der dann das Rohr tiefer in den Ofen schiebt.)

Die grosse Trockenvorrichtung bleibt ein für allemal mit der Pumpe und ihren Stützen in Verbindung, so dass nur die beiden Schliffe zwischen Hahn 7 und 6 zusammenzufügen sind, um den ganzen Apparat geordnet zu haben.

Nunmehr beginnt das Geschäft des Evacuirens. Das geschieht in der Art, dass alle Hähne geöffnet werden mit Ausnahme des einen Hahnes d, welcher der Luft von b aus den Zutritt zum Chlorcalciumrohr ermöglicht. Die Hähne der beiden Schwefelsäureventile stehen so, dass die Luft durch die Schwefelsäure streichen

muss. Nun beginnt man in gewöhnlicher Weise den ganzen Apparat leer zu pumpen, was, wenn Alles in Ordnung, in 10 Minuten vollendet sein kann. Leer pumpen nenne ich aber, wenn auch nicht ein stecknadelkopfgrosses Gasbläschen mehr zu erhalten ist. Sollte der grosse Schwefelsäureapparat q gerade unmittelbar vorher frisch gefüllt worden sein, der für viele Versuche ausreicht, so dauert es lange, bis selbt im Vacuum alle absorbirte Luft aus dem Bimstein und der Schwefelsäure entwichen ist. Darum lasse ich diesen Apparat immer an der Pumpe und immer im evacuirten Zustande bleiben, natürlich ausser wenn er gebraucht wird zur Evacuation von Gasen. Bei dieser Art zu pumpen sieht man, dass, falls Feuchtigkeit aus dem Verbrennungsrohre kommt, diese nicht mit dem Wasserbestimmungsapparate in Contact geräth, sondern in den grossen Trockenapparat q geführt wird. Sollte dieser nicht die letzte Spur absorbiren, sondern diese nach dem grossen Vacuum der Pumpe gelangen, so hindert abermals das Schwefelsäureventil l eine Beeinflussung der Apparate e und c, welche nur das durch die Verbrennung gebildete Wasser aufnehmen sollen.

Sobald der Apparat absolut leer und nach einigem Stehen absolut leer bleibt, zündet man die Flammen erst klein unter dem Kupfer, dann unter dem Kupferoxyd an. Der kleine Ofen ist abgeschoben und bleibt ohne Flamme. Das Verbrennungsrohr trägt zwischen ihm und dem grossen einen Reflector, so dass der Theil des Rohres, der die Verbrennungsmischung trägt, und im kleinen Ofen liegt, absolut kalt bleibt. Man erhitzt nun 1—2 Stunden erst schwach, dann stärker das Rohr, treibt so die letzten Reste von Feuchtigkeit aus, verbrennt etwaige Verunreinigungen und pumpt deshalb abermals absolut leer.

Dieses Verfahren legt uns eine Vorsichtsmaassregel auf, die ich nicht mit Stillschweigen übergehen will. Man sieht, dass keine Spur der zu verbrennenden Substanz mit dem Kupferoxyd in Contact kommen darf, das ausserhalb des Cylinderchens sich befindet, welches die Verbrennungsmischung enthält. Diese Mischung ist aber absolut trocken und enthält die so fein wie möglich gepulverte Substanz. Wenn man also besonders beim Beginn des Evacuirens rasch das noch mit Luft ganz erfüllte Verbrennungsrohr durch schnelles und vollständiges Oeffnen des Hahnes mit dem Vacuum in Verbindung setzt, so stürzt die Luft mit solcher Gewalt aus allen Theilen des Verbrennungsrohres, dass die leicht

stäubende zu verbrennende Substanz mitgerissen und mindestens an Orte gelangt, wo sie nicht sein darf. Darum verschliesst man jenes Cylinderchen bei der Beschickung des Rohres sehr wohl mit dem Asbestpropf und lässt besonders im Anfange die Gase mit mässiger Geschwindigkeit sanft ausströmen.

Wenn dann die eigentliche Verbrennung beginnen soll, schliesst man alle Hähne des grossen Trockenapparates, also 5., 10., 9., 8., 7., 6., und öffnet den einen Hahn d. Gase, die sich entwickeln, müssen jetzt durch die Wasserbestimmungsapparate streichen. Nun steigert man die Hitze unter dem Kupfer und Kupferoxyd bis zur Rothglut. Um hier des Rohres halber nicht mehr zu thun als nöthig ist, verhänge ich die Fenster, so dass eine angenehme Dämmerung, bei der man noch bequem sieht, eintritt. Dasselbe glühende Kupferoxyd, das jetzt deutlich roth glühend ist, erscheint, wenn das directe Tageslicht darauf fällt, braun, weshalb die Ausdrücke hellroth oder dunkelroth gar sehr auch von der Helligkeit des Zimmers abhängen, in dem man beobachtet. Sobald also das Kupfer und Kupferoxyd rothglühend sind, schiebt man den bisher ganz kalt gehaltenen kleinen Verbrennungsofen an den grossen heran, zündet die letzten bis dahin verschlossen gehaltenen Brenner des grossen und alle Flammen des kleinen Ofens an. Diese Flammen macht man aber so klein als es nur irgend möglich ist. Die Thonkacheln decken das Rohr vollkommen und werden nur gelegentlich zur Regulation der Temperatur des Rohres wie gebräuchlich zurückgelegt. Man achtet jetzt auf das Ventil e und bemerkt, dass allmählig Druck im Apparate entsteht, indem die Schwefelsäure in dem centralen Röhrchen herabsteigt, bis endlich die erste Gasblase erscheint. Man leitet nun die Verbrennung leicht so, dass, was mit einem Metronom zur Noth controllirt werden kann, 1 bis 2 Blasen auf die Secunde kommen. Da der Druck im Apparate allmählig wächst, nimmt die Zahl der durch das Ventil gehenden Blasen ab, wenn auch die Energie der Verbrennung nicht ab-, sondern vielleicht zugenommen hat. Man steigert demnach ein wenig die Grösse der Flammen und behält das genannte Tempo von 2 Blasen bei. Sobald der Druck sich 50 cm nähert, verfährt man wie oben angegeben. Man betrachtet die Verbrennung als beendigt, wenn absolut keine Blase mehr kommt. Dies pflegt nach Verlauf von $1^1/_2$—2 Stunden der Fall zu sein, je nach der Menge von Substanz resp. des Gases, welches sich

entwickelt. Man schliesst nunmehr den Hahn 1. Die Wassertropfen befinden sich ausschliesslich im vorderen Theil des Verbrennungsrohres. Darauf schliesst man auch Hahn 4 und senkt dann die bewegliche Kugel der Pumpe möglichst tief, damit das Quecksilber sich aus der oberen Kugel der Pumpe ganz entleere. Die untere Kugel stellt man auf ein am Erdboden fixirtes niedriges Stativ. Dann öffnet man vorsichtig wieder Hahn 4 und lässt die Gase aus der Seitenleitung, die die Schwefelsäureapparate enthält, langsam ausströmen. Die Geschwindigkeit der Gasbewegung beherrscht man ganz leicht durch Regulirung des Hahnes 4. Nach Herstellung des Gleichgewichtszustandes verschliesst man wieder 4 und öffnet sehr wenig 1, so dass jetzt erst die Gase aus dem Verbrennungsrohre in den Wasserbestimmungsapparat eintreten. Diese Einströmungsgeschwindigkeit soll nicht viel grösser sein als während der Verbrennung, jedenfalls keinen continuirlichen Gasstrom erzeugen. Einmal geschieht dies wegen der möglichst vollkommenen Absorption des Wasserdampfs im Chlorcalcium und dem ersten Schwefelsäureventil, sodann aber aus folgendem Grunde. Am Ende der Verbrennung ist das ganze Verbrennungsrohr mit Gasen unter einem beträchtlichen Drucke erfüllt. Im hinteren Theil des Rohres aber, wo das Verbrennungsgemisch sich befand und vor diesem in der die Wärme schwer leitenden Schicht, wo kein Kupferoxyd und kein dichromsaures Kalium ist, könnten sich flüchtige noch unverbrannte Gase befinden. Wenn man nun den Hahn 1 plötzlich ganz öffnete und das Gas aus dem Verbrennungsrohr sehr schnell in das grosse Vacuum einströmen liesse, so würden die Gasmassen aus den hinteren Theilen des Rohres mit so bedeutender Geschwindigkeit durch das glühende Kupferoxyd getrieben, dass unverbrannte Bestandtheile sicher nicht vollständig oxydirt würden. Deshalb lasse ich durch 1 das Gas nur langsam in die Wasserbestimmungsapparate eintreten. Da dies nun einige Zeit dauert, hebe ich mittlerweile frei mit der Hand die untere bewegliche Kugel der Pumpe empor und treibe das in der oberen Kugel von vorher befindliche Gas in das Eudiometer. Diese Ueberfüllungsmethode ist sehr zuverlässig. Gleichwohl darf man doch nicht ausser Acht lassen, dass man gerade das erste Mal oft 100 bis 200 Ccm Gas in das Eudiometer drückt, dass folglich ungefähr ebensoviel Quecksilber aus dem Eudiometer, also dem aufsteigenden Gas entgegen, heraustritt. Wenn man nun

eine so grosse Gasmasse mit Einem Rucke, was man thun könnte, austreibt, stürzt das Quecksilber mit solcher Gewalt im Eudiometer nach abwärts, dass hierdurch, wie ich bestimmt beobachtet habe, Gasblasen mitgerissen werden, wodurch dann sofort die Analyse verloren ist. Bei einiger Vorsicht und Vermeidung allen Ungestüms kann dieser Fall nicht vorkommen. Nachdem das Gas ganz aus dem grossen Ballon übergefüllt ist, schliesst man den obersten Hahn der Pumpe und senkt dann die bewegliche Kugel wieder möglichst tief und setzt sie auf ihr am Boden befindliches Lager. So entsteht ein grosses Vacuum in der Pumpe. Nunmehr schliesse ich wieder Hahn 1 und öffne langsam Hahn 4. Das Strömen des Gases aus den Schwefelsäureapparaten in das grosse Vacuum darf übrigens viel schneller geschehen, als das Einströmen aus dem Verbrennungsrohr in diese Wasserbestimmungsapparate. Hat sich das grosse Vacuum aus den letzteren gefüllt, wird Hahn 4 wieder geschlossen, 1 wieder wenig geöffnet und während des Ueberströmens aus dem Verbrennungsrohr in die Wasserbestimmungsapparate, wird das im Raume der grossen Kugel befindliche Gas wieder wie vorher in das Eudiometer übergeführt und nun genau so fortgefahren, bis kein Gas die Ventile mehr durchsetzt.

Es ist besonders ein Moment während des Evacuirens, der grosse Aufmerksamkeit verlangt, mit Rücksicht auf die Regulation des Gasstroms, welcher aus dem Verbrennungsrohr nach den das Wasser absorbirenden Apparaten geht. Man wird bemerken, dass das in den vorderen Theilen des Verbrennungsrohres angesammelte Wasser keine sichtbare Veränderung während des Evacuirens erleidet, das nach Abschluss der Verbrennung ausgeführt wird. Sicherlich verdunstet ein wenig Wasser, aber es ist unbedeutend. Sobald aber gegen das Ende des Evacuirungsgeschäftes der Druck im Apparate auf eine untere sehr niedrige Grenze gekommen ist, verfliegt ganz plötzlich in Zeit weniger Augenblicke das gesammte Wasser und wird vom Chlorcalcium festgehalten. In diesem Moment soll der Gasstrom also sehr langsam sein.

Sobald kein Gas mehr beim Evacuiren die Schwefelsäureventile durchsetzt, erwärmt man mit dem kleinen Flämmchen einer Spirituslampe die beiden Schwefelsäureventile auf circa 50° C. und treibt die absorbirte Kohlensäure aus. Sobald Schwefelsäure einen gewissen Wassergehalt hat, nimmt sie sehr viel Kohlensäure auf und hält sie hartnäckig fest.

Ich habe die Beobachtung gemacht, dass es fast unmöglich ist, Kohlensäure, welche in Kalilauge gebunden ist, durch überschüssige Schwefelsäure im Vacuum auszutreiben, was sofort gelingt, wenn man Phosphorsäure in das Gemisch einfliessen lässt. Wir treiben deshalb im Vacuum aus den Carbonaten die Kohlensäure immer nur mit Phosphorsäure aus.

Dies ist auch der Grund, weshalb ich zur Absorption des Wassers in meinem Apparate so wenig als möglich Schwefelsäure nehme und mich des Chlorcalciums bedient habe.

Versuche mit wasserhaltigem Phosphorsäureanhydrid ergaben auch Resultate, die darauf hindeuteten, dass es Kohlensäure absorbirt und hartnäckig festhält.

Ist man nun so weit, dass kein Gas mehr zu erhalten ist, so schliesst man Hahn 1 und steigert die Hitze im kleinen Ofen unter dem Verbrennungsgemische, bis hier Alles hellroth glüht und lässt, nachdem diess einige Minuten gedauert, die Flammen auf ein Minimum zurückdrehen. Sobald das Rohr im kleinen Ofen wieder dunkel geworden ist, man demnach annehmen darf, dass aller etwa aus dem Chromat entwickelte Sauerstoff vom Kupfer absorbirt sei, öffnet man den Hahn 1 wieder. Es kommt zuweilen nichts, zuweilen auch ein wenig Gas. Nunmehr gibt man dem Hahne des Ventils e diejenige Stellung, bei welcher das Gas aus der Verbrennungsröhre nicht durch die Schwefelsäure des Ventils e zu gehen braucht. Man erhält jetzt wieder ein paar Gasblasen, die noch durch Ventil 1 gehen und sich hier bemerklich machen. Hört nun bei Herstellung eines vollkommenen Vacuums in den Räumen des oberen Ballons der Pumpe jeder weitere Uebertritt von Gas auch im Ventil 1 auf, so gibt man dem Hahn desselben für die Zeit einer Secunde die Stellung, bei der Gas aus dem Verbrennungsrohr in das grosse Vacuum gelangen kann, ohne irgend einem Widerstande zu begegnen und betrachtet dann das Geschäft als beendet, wenn nach wiederholter Oeffnung des Ventiles 1 kein Gas mehr kommt.

Diese so zeitweise hergestellte offene Communication des grossen Vacuums mit allen Wasser absorbirenden Apparaten birgt eine grosse Gefahr, weil Spuren von Feuchtigkeit aus dem Quecksilber der Pumpe entweichen und auch vom Apparate absorbirt werden können, wodurch dann das Wasser zu hoch gefunden wird. Es ist deshalb besser, lieber nicht so vollständig auszupumpen und

0,1 ccm verloren zu geben, was auf die Gesammtgasmenge kaum einen Fehler macht. Am besten aber, wenn man das Ventil nur 1 bis 2 mal in die Stellung bringt, bei der ein Uebertritt von Feuchtigkeit aus dem Quecksilber nach e und c möglich ist. Die hier beschriebenen Vorsichtmassregeln sind nicht etwa theoretischer Natur, sondern wir wurden durch erlittenen Schaden dazu gezwungen. Darum ist das Ventil 1 nachträglich dem Apparate beigefügt. Aufmerksam wurden wir auf diese Thatsachen dadurch, dass, nachdem wir am Ende der Verbrennung die Räume leer gepumpt hatten und nachdem einige Zeit der Hahn 4 geschlossen gewesen war, jedesmal beim Oeffnen desselben, also bei Herstellung der Communication zwischen dem grossen Vacuum und den Schwefelsäureventilen, die Schwefelsäure in dem inneren Röhrchen auf einen Moment emporstieg und langsam zurückfiel. Dies bewies, dass unmittelbar nachdem das Quecksilber sich aus dem grossen Ballon herabgesenkt hatte, ein Druck in demselben war, der plötzlich zu den Schwefelsäureapparaten geleitet sich für einige Augenblicke bemerkbar machte und dann verschwand, weil die Schwefelsäure den Wasserdampf absorbirte. In solchen Fällen hatte auch das Schwefelsäureventil, welches unter normalen Verhältnissen nur 1 bis 2 mgr oder auch gar nicht an Gewicht während der Verbrennung zunahm, eine bedeutende Gewichtzunahme erfahren. Dieses Feuchtwerden des Quecksilbers wird sich nicht wohl absolut vermeiden lassen, wenn man nicht ganz complicirte Vorrichtungen einführt. Der Grund ist der, dass die Oberfläche des Quecksilbers in der beweglichen Kugel natürlich frei mit der Atmosphäre communicirt, also auch Beschlägen von Feuchtigkeit ausgesetzt ist. Bei den starken Bewegungen während des Pumpens wird die Feuchtigkeit dann mechanisch mitgerissen. Ich habe einmal, als ich sehr schnell pumpte, beobachtet, dass ein Papierschnitzelchen von der Oberfläche der beweglichen Quecksilberkugel in das Vacuum der fixirten Kugel fortgeführt wurde. Wenn beim Heben der unteren beweglichen Kugel das Quecksilber mit grosser Geschwindigkeit in das Vacuum einströmt, bilden sich oft Strudel auf der freien Oberfläche des Quecksilbers der beweglichen Kugel, die fremdartige Partikel, ja sogar auch Luft nach dem Vacuum mitnehmen. Kommt es also darauf an, jedwede Verunreinigung des Vacuums zu vermeiden, so muss man nicht so schnell das Quecksilber in dasselbe eintreiben.

Wenn man also mit dem Geschäft des Evacuirens nach dem Abschlusse der Verbrennung so weit gelangt ist, dass kein Gas mehr zu erhalten ist, hat man die Hähne 5 und 6 zu öffnen, um sich zu überzeugen, dass nicht ein Theil der Gase in die Seitenleitung gerathen ist, was natürlich nur dann stattfinden kann, wenn diese Hähne nicht absolut das Rohr unterbrochen haben. Die Beobachtung dieser Vorsichtmassregel ist deshalb nöthig, weil die Hähne, wenn sie auch, was bei Geissler's Arbeit immer der Fall ist, nach aussen absolut schliessen, nicht mit eben derselben Sicherheit die Continuität eines Rohres unterbrechen. Das hat seinen Grund darin, dass an der Bohrung des Hahnes immer eine gewisse Rauhigkeit ist, welche beim Rotiren desselben eine Furche in das Fett zieht und so einen Gang herstellt, der Spuren von Gas den Uebertritt aus einem Theil des Rohres durch den Hahn in den anderen Theil des Rohres ermöglicht. Die Hähne 5 und 6 müssen deshalb besonders sorgfältig gearbeitet und geschmiert sein; dann wird jener Uebelstand so leicht nicht vorkommen. Er kommt aber zuweilen vor und verdient also Berücksicktigung. In solchem Falle muss man sich dann weiter überzeugen, ob auch die Hähne 10, 7, u. s. w. versagt haben und dann das in die Seitenleitung eingedrungene Gas noch in das Eudiometer pumpen.

Nachdem auch dieses Geschäft beendet, schliesst man den Hahn 8 und stellt den Hahn des Schwefelsäureventils l so, dass alle Communication zwischen diesseits und jenseits des Ventiles l aufgehoben ist. Der Hahn des Schwefelsäureventils e wird wieder so gestellt, dass Gas, welches denselben passirt, durch die Schwefelsäure geben muss. Nachdem noch Hahn 1 geschlossen, wird dann die Hitze im Ofen stark gemässigt und nunmehr vorsichtig Hahn 11 geöffnet, ebenso 7 und 6. Absolut trockne atmosphärische Luft, die vorher durch Chlorcalcium, Schwefelsäure und Phosphorsäureanhydrid gegangen, tritt nun durch 11 nach p, dann nach o, durch 7, 6, 2, s_3, nach c und e. Unter Beobachtung der durch die Schwefelsäure des Ventils e gehenden Gasblasen regulirt man deren Zahl in der Zeiteinheit durch die Stellung des Hahnes 11. Sobald die Füllung mit Luft stattgefunden, gibt man den Hähnen d die Stellung, welche das Innere des Chlorcalciumrohes hermetisch abschliesst und dem Hahne des Ventils e die Stellung, welche jede Bewegung von Gas durch den Apparat unmöglich macht. Darauf öffnet man den Schliff s_2 und nimmt das Ventil e und den Chlorcalcium-

apparat zur Wägung ab. Sogleich schliesst man s_2 wieder, ebenso Hahn 2, und sobald das Verbrennungsrohr, nach Auslöschung aller Flammen hinreichlich abgekühlt ist, öffnet man den Hahn 1 und ebenso ein wenig 11, so dass nun absolut trockne Luft in das Verbrennungsrohr einströmt.

Alle anderen Theile des Apparates lässt man luftleer stehen bis er wieder gebraucht wird.

Vor der Wägung des Schwefelsäureventils und des Chlorcalciumapparates müssen die Schliffe mit Aether gut abgewaschen werden, so dass nirgends eine Spur Fett hängen bleibt. Derselbe, der die Apparate ursprünglich für die Wägung vor der Verbrennung reinigte und herstellte, muss dies auch nach der Verbrennung thun, damit in beiden Fällen der äussere Zustand absolut identisch sei. Dieser Aufgabe ist, wovon uns viele Versuche überzeugt haben, mit absoluter Sicherheit zu genügen. Selbstverständlich wird mit dem Wägen so lange gewartet, bis die Apparate wieder dieselbe Temperatur haben, welche sie bei der Wägung vor der Verbrennung hatten. Zu dieser Zeit öffnet man die Hähne der Apparate für einen Augenblick, damit sich die Luft im Innern mit der äusseren ausgleichen könne.

Alle diese Operationen vom Anfang der Verbrennung bis zur Wägung des Schwefelsäureventils und des Chlorcalciumapparates nehmen circa 3 Stunden in Anspruch.

Die Gasanalyse.

Da es bei dieser Methode auf unbedingte Genauigkeit ankommt und die bekannten Vorschriften sich hier als nicht ganz ausreichend erweisen, erlaube ich mir, meine Untersuchungen zur Vervollständigung der gasometrischen Methoden zunächst mitzutheilen.

A. Das Barometer.

In den physikalischen Handbüchern findet man bei der Beschreibung der Construction des Barometer angegeben:

„Man vertreibt auf diese Weise alle Luft und alle Feuchtigkeit, welche vorher noch in der Röhre waren, indem sie am Glase adhärirten, und erkennt, ob das Barometer wirklich gelungen ist, daran, dass man in der ganzen Ausdehnung desselben keine Blase

zwischen Glas und Quecksilber wahrnimmt und dass das Rohr wie ein vollkommener Spiegel aussieht"[1]).

Dass diese Controle nicht ganz genügend ist, davon hatte ich Gelegenheit mich zu überzeugen, als ich vor einiger Zeit mein altes Heberbarometer mit einem neuen von Dr. Geissler verglich. Das neue zeigte nach häufig widerholten vergleichenden Ablesungen einen um 0,7 mm höheren Stand. Nichts desto weniger füllte beim Umlegen des alten Barometers das aufsteigende Quecksilber spiegelblank die frühere Leere aus, bis auf ein Luftbläschen von 1 mm Durchmesser, das den im Vacuum beobachteten Druck von 0,7 mm nicht erklären konnte, weil das Volum der Toricelli'schen Leere bei diesem älteren Barometer ungefähr 6 ccm im Mittel beträgt. Berechnet man jenes von mir gemessene, im grössten Durchmesser 1 mm betragende Luftbläschen, das in Wirklichkeit ganz platt war, als Kugel, so ist das Volum:

0,5236 Kubikmillimeter.

Erfüllt nun diese Blase einen Raum von 6 ccm = 6000 Kubikmillimeter, so nimmt ihre Dichte auf annähernd das 10000fache ab und selbstverständlich der Druck in demselben Maasse. Setzt man nun den Druck jener Blase als ich ihn maass — gewiss zu hoch — zu einer Atmosphäre = 760 mm, so ist also ihr Druck nach 10000facher Volumvergrösserung:

$$\frac{760}{10000} = 0{,}076 \text{ mm}.$$

Der von uns im Vacuum beobachtete Druck war aber fast zehn mal grösser als dieser wahrscheinlich um das doppelte zu hoch berechnete Druck.

Entweder muss man also annehmen, dass bei der Compression der in der Barometerleere enthaltenen Luft bedeutende Gasmengen zwischen Glas und Quecksilber condensirt werden, von denen man Nichts sieht oder man muss eine Spur von Feuchtigkeit im Vacuum supponiren, welche zur Erklärung der Erscheinungen genügt. Daraus scheint aber zu folgen, dass auch Fälle vorkommen können, in denen kein sichtbares Gasbläschen zwischen Quecksilber und Glas zu entdecken ist, obwohl im Vacuum sich ein nicht zu vernachlässigender Druck befindet. Ich legte mir deshalb die Frage vor, wie ich auf einfache Weise die Correctheit meines neuen

1) Wüllner, Experimentalphysik. Bd. 1. pg. 347 (1874).

Geissler'schen Barometers erweisen könne und verfuhr folgendermassen:

Ich stellte in einen hohen mit Quecksilber bis zum Ueberlaufen gefüllten gläsernen Standcylinder ein mit Quecksilber gefülltes, 1 M langes, 2,5 Cm im Lichten betragendes Eudiometer so auf, dass dasselbe soweit als möglich aus dem umspülenden Quecksilber emporragte. In der Leere des Eudiometers befand sich eine kleine Quantität trockner Luft. Absolute Trockenheit ist keine Nothwendigkeit. Nun mass ich das Gasvolum. Darauf senkte ich das Eudiometer möglichst tief in das Quecksilber und mass das Gasvolum wieder. So erhält man zwei Gleichungen, in denen H_1, H_2 die Höhen der Quecksilbersäule im Eudiometer, P_1, P_2 die zugehörigen Drucke, unter denen das Gas im Eudiometer steht, V_1, V_2 die entsprechenden Gasvolumina und Ba den unbekannten Barometerstand bedeuten:

1) $Ba = H_1 + P_1$

2) $Ba = H_2 + P_2$

Constanz der Temperatur vorausgesetzt, was wegen der kurzen Versuchsdauer in einem Gaslaboratium immer erreichbar ist, hat man dann bekanntlich:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}; \text{ also: } P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2}.$$

Setzt man den Werth von P_2 in die Gleichung (2), so ergibt sich:

$$H_1 + P_1 = H_2 + \frac{P_1 V_1}{V_2};$$

also:

$$P_1 = \frac{V_2 (H_1 - H_2)}{(V_1 - V_2)};$$

also (aus Gleichung 1)

$$Ba = H_1 + \frac{V_2 (H_1 - H_2)}{V_1 - V_2}$$

So fand ich nun, dass Geissler's Barometer den Luftdruck noch um 0,1 mm höher zeigte, als ich ihn durch die Rechnung ermittelt hatte, was wohl auf einen Beobachtungsfehler meinerseits zu beziehen ist.

Nach dieser Methode könnte man Gasanalysen ohne jedes Barometer ausführen, indem man jedesmal durch verschieden tiefes Einsenken des Eudiometers in das Quecksilber zwei Ablesungen

macht. Auch lässt sich auf diese Art ein sehr leicht transportabeles und zuverlässiges Reisebarometer construiren, weil das Quecksilber, welches bei diesem Versuche weder frei von Feuchtigkeit noch Luft zu sein braucht, in einer Flasche und eine in Millimeter getheilte, calibrirte Glasröhre leer mitgeführt werden kann.

B. Die Messung des Gesammtvolums der Gase.

Wenn man so sehr grosse Volumina von Gasen zu messen hat und bis auf $^1/_{10}$ Ccm genau gearbeitet werden soll, muss man daran denken, dass selbst schon kleine Fehler in der Bestimmung der Temperatur und des Druckes, unter dem das Gas steht, einen beträchtlichen Fehler im reducirten Volum bedingen.

Was zunächst die Messung der Temperatur betrifft, so habe ich die Erfahrung gemacht, dass, wenn, wie hier, ein Eudiometer längere Zeit der strahlenden Wärme des Verbrennungsofens ausgesetzt war, man sehr lange, d. h. oft beträchtlich mehr als $^1/_2$ Stunde warten muss, bis die Temperatur des Eudiometers dieselbe ist, welche ein unmittelbar daneben hängendes Thermometer anzeigt. Am besten lässt man das Eudiometer über Nacht in einem dunkelen Zimmer stehen, öffnet Morgens die Läden und liest sofort ab. Vor Allem sorge man, dass die Lage des Thermometers und Eudiometers nicht dem Lichte stark reflectirender Flächen ausgesetzt ist, wobei dann leicht das Thermometer stärker oder schwächer als das Eudiometer getroffen werden kann.

Was die Messung des Druckes betrifft, so vergesse man nicht, sich zu vergewissern, ob die Millimeterscalà des Eudiometers vollkommen mit der des Barometers übereinkommt, resp. welche Correçtur nothwendig ist.

Da der Druck noch besonders durch die hohen Werthe des Wasserdampfes beeinflusst wird, so hat man dafür Sorge zu tragen, dass das Gas immer absolut gesättigt sei. Ich habe eine Zeit lang versucht mit trockenen Gasen zu arbeiten, musste mich aber bald überzeugen, dass Gas, welches durch Quecksilber streicht, dessen freie Oberfläche mit der äusseren Luft in Berührung kommt, sehr leicht eine Spur Feuchtigkeit aufnimmt, die dann zu groben Fehlern Veranlassung gibt. Wie es Bunsen der Regel nach vorschreibt, so kann auch ich nur rathen, das Gesammtgas vor der Absorption der Kohlensäure immer absolut feucht zu messen.

Bunsen[1]) bringt zu dem Ende einen „Tropfen“ Wasser in die blinde Kuppe des Eudiometers, ehe er es mit Quecksilber füllt und aufstellt. Wenn man dann allmählig grosse Massen absolut trockener Gase in ein so langes Eudiometer einführt, darf man sich nicht darauf verlassen, dass nach scheinbarem Eintritt constanten Niveau's des Quecksilbers im Eudiometer das Gas absolut feucht sei. Auf das Bestimmteste habe ich mich überzeugt, dass nicht selten das Gas im unteren Drittel des Eudiometers fast trocken, in den oberen Theilen des Eudiometers feucht ist. Man braucht, um hierüber Gewissheit zu erlangen, nur das Gas abzulesen und dann als feucht zu berechnen, dann zur Beschleunigung der Sättigung einen Tropfen Wasser einzuführen und alle Stunde wieder abzulesen, um zu finden, dass das Volum continuirlich zunimmt, bis die Sättigung mit Wasserdampf wirklich erzielt ist. Der Grund dieser Erscheinung liegt offenbar darin, dass vermöge der bedeutenden Höhe der in dem benetzten Eudiometer stehenden Quecksilbersäule ein, so grosser Druck auf der Glaswand lastet, an der das Wasser haftet, dass dieses nach aufwärts getrieben wird. Steigen nun viele heisse ganz trockene Gasblasen wie hier durch das Quecksilber empor, so nehmen sie auch das Wasser mit nach aufwärts. In Folge dessen hatten wir dann gewöhnlich den Anblick, dass das Eudiometer, welches fast ganz mit den Verbrennungsgasen angefüllt war, unmittelbar nach Abschluss der Verbrennung nur in seinem oberen Theil und zwar oft recht reichlich mit Wasser benetzt erschien, während die untere Hälfte des Eudiometers sowie das Quecksilber in demselben spiegelblank wie absolut getrocknet erschienen.

Um einen Wassertropfen in ein Eudiometer zu bringen fülle ich ein so J gekrümmtes capillares Glasrohr, an dessen nicht umgebogenem Ende ein etwa fusslanger Gummischlauch mit Quetschhahn sich befindet, ganz mit destillirtem Wasser, führe das gebogene Ende, das natürlich keine Luftblase enthalten darf, unter das Eudiometer und drücke mit dem Daumen auf den Gummischlauch, bis ich den Tropfen über dem Quecksilber im Eudiometer erscheinen sehe. Jede beliebige Menge Wasser lässt sich so höchst bequem und sicher einführen.

Damit das Eudiometer schon vor Einfüllung der Gase möglichst feucht sei, wurde folgendes Verfahren eingeschlagen. Nach-

1) Bunsen, Gasometr. Methoden. Aufl. 1. pg. 37.

dem das mit Quecksilber gefüllte, aber ganz luftleere Eudiometer so weit schief gelegt worden, dass keine Leere mehr vorhanden war, führten wir 0,1 Ccm destillirtes Wasser mit jenem calibrirten Capillarröhrchen ein. Wir überzeugten uns, wie das Wasser an der Wand langsam bis zur Kuppe emporstieg. Ist nun nach der Verbrennung das Rohr mit dem warmen Gase erfüllt und zeigt es nach dem Erkalten überall einen Hauch von Wasserbeschlag im Innern, so ist man ganz sicher der absoluten Sättigung. Findet sich aber, was wir öfters sahen, ein solcher Beschlag nur in der oberen Partie des Rohres und bleibt bei der Abkühlung die untere Hälfte spiegelblank, so ist das Gas gewöhnlich noch nicht ganz mit Wasserdampf gesättigt: man muss dann öfter in Intervallen von mehren Stunden ablesen, bis das Volum constant wird, d. h. bis die Rechnung unter Annahme vollkommener Sättigung nicht weiter wachsende Werthe ergibt.

Was endlich die Bestimmung des Werthes des beobachteten Volums betrifft, so möge noch Folgendes erwähnt werden.

Meine Eudiometer haben für den hier vorliegenden Zweck eine Länge von 1 M, einen lichten Durchmesser von 2,4 Cm und sind in halbe Millimeter getheilt. Die Calibrirung geschieht nach Bunsen; doch habe ich nicht versäumt, durch Wägung von Quecksilber das Eudiometer nochmals zu calibriren, um ganz sicher zu sein, dass meine Einheiten der Volumina den Einheiten der Gewichte genau entsprächen.

Noch bleibt mir wegen der Messung des Fehlers des Meniscus eine Bemerkung zu machen, da die Bunsen'schen Messungen nur bis zu Rohren von 21 mm Durchmesser gehen, während die unserigen 24 mm maassen. Wir bestimmten den Fehler des Quecksilbermeniscus für Röhren von der bezeichneten Weite nach der von Bunsen angegebenen Methode mit Quecksilberchlorid und fanden ihn (μ)

$$\mu_q = 0{,}5 \text{ mm.}$$

Für unser Rohr (E) ergab die Calibrirungstabelle an der Stelle, wo der Correctionswerth des Meniscus festgestellt wurde, ein Caliber:

$$1 \text{ cm} = 4{,}40317 \text{ Ccm.}$$

Weil nun, wenn H die Höhe des Cylinders mit kreisförmiger Basis, R der Radius der letzteren,

$$R^2 \pi H = 4{,}40317,$$

so ist

$$2R = D = 23{,}7 \text{ mm},$$

wo D der Durchmesser des Rohres.

Dieser grosse Werth setzte uns in Erstaunen, weil er nach Bunsen's Messungen (Gasometr. Method. 1877. pg. 38) nicht zu erwarten war. Denn nach diesen nimmt der Fehler des Meniscus in dem Maasse ab; als das Lumen des Rohres zunimmt, wurde von Bunsen für Röhren von 14 mm Durchmesser zu 0,57, für solche von 21 mm zu 0,20 mm gefunden. Wir aber fanden für Röhren von 23 bis 25 mm 0,4 bis 0,5 mm und verfuhren so, dass, während ich den Stand des Gipfels des Quecksilbermeniscus ablas, Dr. Finkler die Quecksilberchloridlösung aufgoss, wobei sich in Folge leisen Klopfens an das Eudiometer die Wölbung des Quecksilbers abplattete und horizontal wurde. Ich las wieder ab, als das Quecksilber seinen tiefsten Stand erreicht hatte und betrachtete diesen Werth als den richtigen, obwohl sich bereits eine feine schwärzliche Haut über dem Quecksilber gebildet hatte. Wartet man nun ein wenig, so steigt das Quecksilber wieder und man erhält nun beim Ablesen einen viel kleineren Werth des Meniscus. Das hat seinen Grund darin, dass allmählig die Haut nicht bloss dicker zu werden scheint, sondern dass dieselbe am Glase adhärirend nun dem Quecksilber eine **concave** Oberfläche gibt.

Die Bestimmung des Correctionswerthes des Meniscus der Kalilauge erreichte ich dadurch, dass ich eine Reihe von Flüssigkeiten, die leichter als Wasser sind, durchexperimentirte und eine solche fand, die denselben Dienst leistet, wie das Quecksilberchlorid dem Quecksilber gegenüber. Diese Flüssigkeit ist Petroleumäther. Aufgegossen auf Kalilauge entsteht eine scharfe ganz ebene horizontale Trennungsfläche beider Flüssigkeiten. Der Meniscusfehler betrug:

$$\mu_{(k)} = 0{,}30 \text{ mm}.$$

Da nun der Correctionswerth des Quecksilbermeniscus 0,5 mm, die Differenz: 0,5—0,3 = 0,2 mm, so ist das 0,2 mm entsprechende Volum zu addiren, nämlich 0,088 Cc. Da dieser Werth nur bei der Bestimmung des Stickstoffs eine Rolle spielt, der fast immer unter einem viel geringeren Druck als $^1/_2$ Atmosphäre stand, bei der Reduction also weniger als die Hälfte des beobachteten Volums ergab, so habe ich die Correctur des Meniscus der Kalilauge, weil in die Beobachtungsfehler fallend, vernachlässigt.

Die Messung der Kohlensäure und des Stickstoffs.

Wollte man mit festem Kali arbeiten, so würden sehr grosse Kugeln oder Cylinder erforderlich. Es war nothwendig zu wissen, ob dies erlaubt sei, da die Kalikugeln mehr oder weniger porös sind.

Ein Kalicylinder, der um einen Draht gegossen war, wurde in ein vertikal gestelltes, mit wasserfreiem Aether gefülltes, calibrirtes und mit dem offenen Ende aufwärts gerichtetes Rohr eingeführt und aus der Hebung des Niveau's des Aethers das Volum des Kalicylinders = 21,299 ccm gefunden.

Es werden ferner in der Gaswanne zwei grosse Eudiometer A und B von 1 M Länge und 2,5 cm lichtem Durchmesser aufgestellt. Ihr Vacuum war trocken. Beweis: Der Geissler'sche Barometer zeigte 760,4 mm Hg, das eine Eudiometer (B), auf das es nachher ankommt, 760,0 mm.

Nachdem das Volum der Kalistange gemessen, wird sie aus dem Aether in das Quecksilber der Wanne getaucht und dann in das Vacuum des Eudiometers A eingeführt und einige Zeit darin gelassen. Darauf zog ich den Kalicylinder aus Eudiometer A herab in das Quecksilber, und führte ihn, ohne ihn mit der Luft in Berührung zu bringen, wieder in das Vacuum des in derselben Wanne stehenden Eudiometers B ein. Nachdem sich Temperaturgleichgewicht hergestellt hat, wird, während die Stange im Vacuum bleibt, die Höhe der Quecksilbersäule im Eudiometer B abgelesen:

Eudiometer B:	Geissler'sches Barometer:
760,1 mm	760,3 mm.

Also hat die Kalistange keine Fähigkeit, durch Abgabe flüchtiger Bestandtheile die Tension in einem Raume zu steigern.

Es wurde nunmehr in derselben Wanne aufgestellt ein drittes Eudiometer C, welches wohlgetrocknete, kohlensäurefreie, atmosphärische Luft enthielt. Nachdem das Eudiometer abgelesen, ergab sich ein Gasvolum (reducirt auf 0° C. und 0,76 m) von

78,118 ccm Luft.

Darauf wurde aus Eudiometer B der Kalicylinder wie vorher ohne mit Luft in Berührung zu kommen in Eudiometer C eingeführt und wieder abgelesen, während der Kalicylinder sich im Gase befand. Von dem beobachteten Gasvolum wurde selbstverständlich das früher gemessene Volum des Kalicylinders abgezogen und dann

das reducirte Volum der im Eudiometer befindlichen Luft berechnet und gefunden =

76,862.

Also hatte der luftfreie Kalicylinder absorbirt

$$\begin{array}{r} +\,78{,}118 \\ -\,76{,}862 \\ \hline 1{,}256 \text{ ccm.} \end{array}$$

Dies war ein Grund, festes Kali zur Absorption zu verwerfen, da hier sehr grosse Kugeln oder Stangen nöthig sein würden, die ausserdem noch den Uebelstand haben, dass sie nicht mit Sicherheit ausschliessbare Luftblasen mit in die Eudiometer einführen. Das Bespülen mit Quecksilber in der Wanne gibt keine unbedingte Sicherheit.

Ein anderer Uebelstand ist der, dass, was ich direct durch den Versuch feststellte, in Folge der Absorption so grosser Kohlensäuremassen dicke Krusten von kohlensaurem Kali auf den absorbirenden Kalikugeln entstehen, welche die weitere Absorption unterbrechen. Will man dann die Kugeln entfernen, um sie durch frische zu ersetzen, so löst sich leicht die Rinde von kohlensaurem Kali im Eudiometer los, schwimmt auf dem Quecksilber, verschmiert die Wände und behindert das Ablesen, anderer Uebelstände nicht zu gedenken.

Ich beschloss deshalb die Anwendung flüssiger Absorbentien zur Bestimmung der Kohlensäure. Hat man es mit kleineren Kohlensäuremengen zu thun, so verfährt man zweckmässig so, dass man Kali- oder Natronlauge von so geringer Concentration nimmt, dass die Spannung des Wasserdampfes durch die Gegenwart des Alkali's nicht verändert wird. Ich habe diese Methode schon vorgeschlagen, darnach gearbeitet und publicirt vor Bunsen, der sie jetzt ebenfalls in der neuesten Auflage seiner gasometrischen Methoden empfiehlt. Die meine Priorität wahrende Notiz steht in der Abhandlung von Giuseppe Colasanti, „über den Einfluss der umgebenden Temperatur auf den Stoffwechsel der Warmblüter im Abschnitt B, der von der „Gasanalyse" handelt. (S. Archiv für d. gesammte Physiologie Bd. 14. pg. 103.) Das Heft, in dem dieser Aufsatz enthalten, ist laut Umschlag publicirt am 20. October 1876, während die neueste Auflage von Bunsen's gasometrischen Methoden von 1877 datirt. Die betreffende Notiz lautet:

„Nach stattgehabter Contraction des Gases — — wurde aber-

mals Volum, Druck und Temperatur abgelesen und die neugebildete Kohlensäure mit einigen Cubiccentimetern sehr verdünnter Kalilauge (1,030 sp. G.) absorbirt. Ein Volum feuchter atmosphärischer Luft im Absorptionsrohr gemessen und reducirt, gibt nach Pflüger denselben Werth, wenn nachher diese Kalilauge eingespritzt und das Gas wieder als ganz feucht berechnet wird."

Hat man es nun aber mit sehr grossen Gasmassen zu thun, so muss man so bedeutende Volumina der verdünnten Kali- oder Natronlauge einführen, dass die Diffusion zwischen der zu messenden Gasmenge und der grossen Flüssigkeitsmasse nicht unter allen Umständen vernachlässigt werden kann. Arbeitet man z. B. nach Bunsen mit 7% Natronhydratlauge und hat man etwa 333 cc Kohlensäure (0° u. 0,76 M. Hg) zu absorbiren, so würde man, da doch ein Ueberschuss von Natronhydrat vorhanden sein muss, circa 20 ccm Lauge anzuwenden haben. Setzt man ihren Gehalt an atmosphärischer Luft gleich dem des Wassers, was von der Wahrheit nicht weit abweichen wird, so enthalten die 20 cc bei 10° nicht weniger als 0,4 cc Luft. Diese Luft wird aber bei der Gasanalyse einen um so grösseren Fehler machen, je kleiner der Stickstoffgehalt des zu analysirenden Gasgemisches im Eudiometer ist. Ja wenn die verbrannte Substanz frei an Stickstoff wäre, würde nach Absorption der Kohlensäure in meinem Eudiometer ein Vacuum von 100—130 ccm Volum übrig bleiben, also die Luft aus der Natronlauge fast vollständig entweichen, und eine bedeutende Stickstoffmenge vortäuschen.

Jeder Fehler in dem Volum des Stickstoffs beeinflusst aber die Analyse stärker als dies bei der Bestimmung der Kohlensäure oder des Wassers der Fall ist, weil der beobachtete Stickstofffehler nicht wie die Zahlen für die Kohlensäure und das Wasser eine Division erfährt. Folgende kleine Rechnung wird dies sofort klar machen.

Ein Cubiccentimeter Stickstoff (0° C u. 0,76 M. Hg.) wiegt 0.00125658 gr. Gibt nun die Gasanalyse einen Fehler von 0,001 gr im N, d. h. von ungefähr einem Cubiccentimeter und wog die zu analysirende Substanz wie gewöhnlich circa 0,2 gr, so wird der Fehler zur Ermittelung der procentischen Zusammensetzung mit 500 multiplicirt, d. h. $= 0{,}001$ gr $\times 500 = 0{,}5\%$ sein.

Also ein Fehler von nur ½ ccm im Stickstoff oder ungefähr einem halben Milligramm gibt schon einen Beobachtungsfehler von ¼ Procent.

Man braucht auch nur die Bunsen'sche Natronlauge in ein 1 Meter langes mit Torricelli'scher Leere versehenes Vacuum einzuführen, um sich von der starken Gasentwickelung in der Lauge zu überzeugen.

Aus diesen Gründen bediente ich mich zur Absorption der Kohlensäure recht concentrirter Lauge. Natronlauge kann man nicht gebrauchen, weil sofort die Oberfläche mit einer Kruste von Sodakrystallen erstarrt, welche die weitere Absorption sehr erschweren, ja fast unterbrechen, was bei der Kalilauge nicht geschieht. Der Bequemlichkeit der Rechnung halber, in der das specifische Gewicht der Kalilauge natürlich berücksichtigt werden muss, nahm ich solche von 1,35, annähernd $^1/_{10}$ von dem des Quecksilbers, sodass die Länge einer Säule von dieser Kalilauge sich durch Verschiebung des Decimalkomma's um eine Stelle nach Links leicht in die entsprechende Quecksilbersäule verwandeln lässt. Solche Kalilauge stellt man sich für den Gebrauch immer in grösseren Quantitäten luftfrei her und hebt sie hermetisch abgeschlossen auf. Zu dem Ende füllt man einen Glascylinder von circa 100 ccm Inhalt fast voll mit der Lauge. Er besitzt oben eine verjüngte Oeffnung, so dass man diese mit dem Daumen luftdicht verschliessen kann. Nun kocht man mit der Gasflamme erst vorsichtig alle Luft aus, lässt dann Quecksilber aus einer mit Quecksilber gefüllten Bürette auslaufen in die Kalilauge durch die schon vor dem Versuch mit Quecksilber gefüllte Ausflussspitze, die hierbei in die Flüssigkeit eintaucht, sodass das Quecksilber keine Luftblasen mit sich reissen kann. Der Cylinder wird so bis zum Ueberlaufen mit Kalilauge gefüllt und so lange offen in kaltes Wasser gestellt, bis man im Stande ist, mit dem Daumen die Oeffnung zu schliessen und in Quecksilber umzustülpen, wobei keine Luftblase eindringen darf. Geschieht dies aber und lässt man dann den Cylinder ruhig stehen, so dauert es eine Reihe von Tagen, bis eine Luftperle von 5 mm sich in eine solche von 2 mm verwandelt hat, was die ungeheuere Langsamkeit der Absorption atmosphärischer Luft durch solche Kalilauge von 1,35 spec. Gewichte beweist. Bringt man die auf diese Weise bereitete luftfrei gemachte Kalilauge in die Torricelli'schen Leere eines Eudiometers, so entweicht kein Gas, zum Beweise, dass sie während und nach dem Auskochen, wo ihre allerdings kleine Oberfläche mit der Luft in Berührung war, nicht Zeit gehabt hat, messbare Gasmengen zu absorbiren. Da man nun für eine Analyse unge-

führ 10—15 ccm Lauge gebraucht, so kann man mit der im Cylinder enthaltenen Lauge sehr viele Gasanalysen anstellen.

Beim Einfüllen der Kalilauge in das Eudiometer soll diese niemals mit der atmosphärischen Luft in Berührung kommen. Man verfährt also genau so, wie bei der Ueberfüllung von Gasen aus einem Absorptionsrohr in ein Eudiometer geschieht, weshalb der die Kalilauge enthaltende Cylinder auch einen kleinen Schnabel besitzt, wie ihn Bunsen für die Ueberfüllung vorschreibt. (S. Bunsen, Gasom. Methoden Aufl. 1 pg. 25.)

Diese Kalilauge von 1,35 spec. Gewichte absorbirt nun die Kohlensäure mit so grosser Geschwindigkeit, dass ich hoffte, es würde ein vollkommen feuchtes und wohl mit Wasser benetztes Rohr durch Einführung der Kalilauge bis zur vollendeten Absorption der Kohlensäure seine Wasserspannung nicht merkbar ändern. Um darüber Sicherheit zu erhalten, machte ich folgenden Versuch.

Eudiometer α wird mit Wasser wohl ausgewaschen, dann mit Fliesspapier abgetrocknet, so dass kein sichtbares Wasser mehr vorhanden ist. Darauf fülle ich das Eudiometer mit Quecksilber und lasse Wasser (0,15 ccm) in dasselbe aus einem capillaren Maassrohre eintreten. Das Eudiometer befand sich hierbei in geneigter Lage, so dass kein Vacuum in demselben sich bilden konnte, während das Aufsteigen des eingeführten Wassers bis zur Kuppe constatirt wurde. Dann wird von Kohlensäure befreite atmosphärische Luft eingelassen, das Eudiometer in der Wanne gerade gerichtet und nach Verlauf der gehörigen Zeit abgelesen:

Beobachtetes Volum	Beobachteter Druck	Temp.	Reducirtes Volum (0° C. u. 0,76 M.)
224,66 ccm	29,727 cm	12,5° C.	84,03 ccm.

Nun wird Kalilauge von 1,35 spec. Gewicht wie gewöhnlich eingefüllt, wobei leider wegen der Neigung des Eudiometers beim Einfüllen ein Theil der Wände mit Lauge benetzt wurde.

Nach 1 Stunde abgelesen (12¾ Uhr):

Beobachtetes Volum	Beobachteter Druck (reducirt)	Temp.	Reducirtes Volum (0° C. u. 0,76 M.)
217,90 ccm	30,568 cm	12,6° C.	83,78.

Die Reduction geschah unter der Voraussetzung, dass die Wasserspannung unverändert geblieben wäre.

Nach 4 Stunden ($3^1/_2$ Uhr) abermals abgelesen und unter derselben Voraussetzung reducirt:

Beobachtetes Volum	Reducirter Druck	Temp.	Reducirtes Volum (0° C. u. 0,76 M.)
218,03 ccm	30,457 cm	12,6° C.	83,53.

Berechnen wir nun die Spannungsänderung des Wasserdampfs, wobei auf Grund der oben mitgetheilten Beobachtungen die Annahme gemacht wird, dass die luftfreie Kalilauge in der Beobachtungszeit keine atmosphärische Luft absorbirt habe; was deshalb mit absoluter Sicherheit angenommen werden kann, weil ich nur 10,6 ccm Kalilauge eingeführt hatte, die selbst nicht nur mit verschwindender Langsamkeit absorbirt, sondern auch einen sehr kleinen Absorptionscoefficienten besitzt.

Selbst 10,6 ccm Wasser würden bei der Beobachtungstemperatur von 12° C. und dem Drucke einer Atmosphäre nur 0,19 ccm absorbiren. Nun betrug aber der Gasdruck weniger als $^1/_2$ Atmosphäre; folglich könnten in diesem Falle 10,6 ccm Wasser noch nicht 0,09 ccm Luft absorbiren. Demnach kann der aus der Absorption der Kalilauge resultirende Fehler als Null angesehen werden.

Die scheinbare Aenderung des Gasvolums ist also durch die Veränderung der Wasserspannung bedingt, welche wir nun berechnen wollen.

Nennt man das reducirte Gasvolum ν', das beobachtete Gasvolum V, den Barometerstand B, die Höhe der Quecksilbersäule im Eudiometer b, die Spannung des Wasserdampfs S, so hat man:

$$\frac{\nu'(1+0{,}00366\,t^0)}{V} = \frac{B-b-S}{76}.$$

Also:

$$\frac{\nu'(1+0{,}00366\,t^0).76}{V} - B + b = -S.$$

Oder:

$$B - b - \frac{\nu'(1+0{,}00366\,t^0).76}{V} = S.$$

Zur Berechnung des Quotienten setzen wir zunächst die zugehörigen Werthe von ν' und V ein. Wir erhalten aus der ersten Bestimmung vor Einführung der Kalilauge in das Eudiometer:

$$\nu' = 84{,}03 \text{ ccm},$$

sodann nach Einführung der Kalilauge für V=217,90.

Zur Ermittelung des Werthes $\frac{\nu_1(1+0,00366t^0).76}{V} = x$ hat man

$$\log\nu_1 + \log(1+00366t^0) + \log 76\,Cm - \log V = \log x.$$

$$\begin{array}{ll} \log\nu_1 = \log 84,03 & = 1,92443 \\ \log(1+0,00366t^0) & = 0,01958 \\ \log 76\ cm & = 1,88081 \\ \hline & \quad 3,82482 \\ -\log V = -\log 217,9 & - 2,33826 \\ \hline & \quad 1,48656 = \log x \\ & \quad 30,659 = \quad x \end{array}$$

Nun war nach Versuch 2 (pg. 154)

$$B - b = 31,655\ cm,$$

also ist:

$$B - b - \frac{\nu'(1 + 0,00366t^0).76}{V} =$$

$$316,55\,mm - 306,59\,mm = 9,96\,mm = S.$$

Da nun die Wasserspannung

bei 12,6° C. = 10,875 mm Quecksilber,

und jetzt = 9,960 „ „

Differenz = 0,915 mm Quecksilber,

so hat diese in einer Stunde in dem Eudiometer durch Einführung der Kalilauge um 0,915 mm abgenommen.

Führt man die Rechnung auch für den folgenden Versuch aus, so ergibt sich 4 Stunden nach Einführung der Kalilauge:

Wasserspannung = 9,03 mm.

Ich liess darauf das Eudiometer ruhig bis zum anderen Morgen stehen und las 9 Uhr 45 Minuten wieder ab und fand nun die

Wasserspannung = 6,85 mm.

Obwohl also bei diesem Versuche eine Länge des Eudiometers von fast $1/2$ Meter nur mit Wasser, nicht mit Kalilauge benetzt war, drückte die Einführung der letzteren dennoch so schnell und stetig und so beträchtlich die Wasserspannung herab, dass man bei Kohlensäureanalysen, die auf Genauigkeit Anspruch machen sollen, das Gas nach der Absorption nicht als vollkommen feucht berechnen darf.

Demnach verfuhr ich nun so, dass ich die Dampfspannung meiner Kalilauge bestimmte.

Es wird das Eudiometer luftleer und trocken aufgestellt.

Dann werden 376 ccm trockne ganz reine Kohlensäure in das Eudiometer eingeführt und darauf 24,1 mm, d. h. ungefähr 11 ccm Kalilauge von 1,35 spec. Gewichte. Nachdem die Kohlensäure absorbirt war, wurde das Eudiometer geneigt, um das Vacuum zum Verschwinden zu bringen. Es hinterblieb ein Luftbläschen von der Grösse einer Linse, welches keinen Einfluss auf den Druck in dem beim Aufrichten des Eudiometers entstehenden circa 120 ccm Volum betragenden Vacuum ausüben konnte. Wenn man nun die Höhe der Quecksilbersäule des vertikalstehenden Eudiometers mass und die Höhe der Kalilauge-Säule auch in Quecksilber ausgedrückt, hinzuaddirte, so ergab sich eine Quecksilbersäule, die um 3,93 mm kleiner als der augenblickliche Barometerstand war. Da nun bei der Absorption trockner Kohlensäure durch Kalilauge bei dem Steigen der letzteren ein Wasserbeschlag auf der inneren Oberfläche des Glasrohres dicht über der Flüssigkeitsoberfläche bemerkt wird, so ergab sich, dass der Raum der Torricelli'schen Leere unmittelbar nach Abschluss der Absorption der Kohlensäure feuchter sein musste als der Concentration der Kalilauge entsprach. Dieser Wasserbeschlag ist wohl nicht schwer zu erklären, obwohl er uns in Erstaunen setzte, als wir ihn das erste Mal sahen. Die Reaction ist ja

$$CO_2 + 2(KOH) = CO_3K_2 + OH_2.$$

Wenn also eine Kalisäule in einem sehr ruhig stehenden Rohre unter Kohlensäure befindlich stetig aufwärts steigt, müssen zunächst die ganz oberflächlichen Schichten der Lauge stark verdünnt werden und sich auch erhitzen, weshalb eine geringe Dampfbildung wohl begreiflich ist.

Aus diesem Grunde liess ich nun das Eudiometer mit der Kalilauge über Nacht stehen und las die Dampfspannung wieder ab. Sie hatte nun in der That ein wenig abgenommen und betrug noch 3,34 mm Hg. Die Beobachtungstemperatur war 7,8° C., bei welcher bekanntlich die Spannung des Wasserdampfs = 7,91 mm.

Daraus folgt also, dass Kalilauge von 1,35 spec. Gewicht die Spannung des Wasserdampfs, welche gleich 100 gesetzt wird, auf 42,2 reducirt.

Später bestimmten wir nochmals bei Sommertemperatur von 18° denselben Werth und fanden wiederum 42,2 %.

Wenn man es nun mit der Analyse von Substanzen zu thun hat, bei denen wie z. B. bei der Hippursäure die Menge des

Stickstoffs gegen die des Kohlenstoffs hinreichend klein ist, so lässt sich die ganze Gasanalyse mit grosser Schnelligkeit und Schärfe in Zeit einer Stunde ausführen. Nach Einführung von etwa 10 ccm Kalilauge in das Eudiometer, neigt man dasselbe langsam hin und her, so dass in etwa 1 Minute alle Kohlensäure verschwunden ist. Wenn man dann durch Erregung langsamer ausgiebiger Schwankungen der Quecksilbersäule im Eudiometer im Stande ist, wie diess bei Analysen der Hippursäure z. B. sehr leicht gelingt, die ganze innere Oberfläche der oberen Kuppe des Eudiometers mit Kalilauge zu bespülen und hier noch etwa befindliche Wassertropfen wegzunehmen, so kann man, wenn die Temperatur des Eudiometers mit der Umgebung sich abgeglichen hat, direct ablesen und 42,2 % der augenblicklichen Spannung des Wasserdampfs in die Rechnung einsetzen. Lässt man jetzt das Eudiometer der Sicherheit halber noch weitere 6 bis 24 Stunden stehen, so erhält man für den Stickstoff meist einen kleineren Werth, der aber nur 1 bis 2 Zehntel % des Stickstoffgehaltes der Substanz beträgt. In einigen Fällen erhielt ich aber auch ganz dieselbe Zahl.

Dies mag durch ein paar Beispiele erhärtet werden. Es wurden mit einem Gemenge von dichromsaurem Kalium und Kupferoxyd 0,187 gr Hippursäure verbrannt.

Unmittelbar nach Absorption der Kohlensäure wurde abgelesen:

Volum	Reducirter Druck	Temp.	Reduc. Volum (0° C. u. 0,76 M.)
119,149 ccm	7,8745 cm	7,7° C.	12,0 ccm N

Wiederholung der Ablesung 24 Stunden nach Vollendung der Absorption der CO_2:

Volum	Reducirter Druck	Temp.	Reduc. Volum
119,884 ccm	7,6668 cm	6,8° C.	11,8 ccm.

Berechnet man den procentischen Stickstoff nach der ersten Analyse, so hat man, da ein Molecul Hippursäure = 178,62 enthalten muss, ein Atom Stickstoff = 14,01, entsprechend 7,84 % N, von 0,187 gr Hippursäure 11,68 ccm Stickstoff zu erwarten.

Bei der ersten Analyse haben wir nun 12 ccm Stickstoff gefunden; berechnen wir hieraus den Procentgehalt, so ergibt sich

Theoretisches Volum		Gefundenes Volum		Theoret. %gehalt		Gesuchter %gehalt
11,68	:	12,00	=	7,84	:	x

d. h. 8,054.

Also: Gefunden 8,054 % N
Berechnet 7,84

0,21 % Fehler.

Berechnet man nach der zweiten Bestimmung des Stickstoffs, so hat man:

11,68:11,8=7,84:x
d. h. 7,92.

Also: gefunden 7,92 % Stickstoff
Berechnet 7,84 % „

0,08 % Fehler.

Nimmt man die Differenz der Fehler

0,21
0,08

0,13

so ersieht man, dass in Folge der unmittelbar nach der Absorption der Kohlensäure ausgeführten Ablesung und Berechnung des Stickstoffs ein vermeidbarer Fehler von 0,13 % begangen worden ist.

Ich will noch ein Beispiel anführen. Hippursäure wurde nur mit Kupferoxyd verbrannt. Die Rechnung ergab, dass sie liefern musste

15,02 ccm Stickstoff.

Unmittelbar nach vollendeter Absorption der Kohlensäure abgelesen wurde gefunden:

(1) 15,48 ccm Stickstoff.

Nach 24 Stunden nochmals abgelesen wurde gefunden:

(2) 15,38 ccm Stickstoff.

Bei Zugrundelegung der ersten Ablesung ergibt sich zur Berechnung des Procentgehaltes an Stickstoff, indem man beachtet, dass 15,02 ccm das zu erwartende berechnete Stickstoffvolum, 15,48 ccm das beobachtete Stickstoffvolum und 7,84 ccm der theoretische Procentgehalt an Stickstoff ist:

15,02:15,48=7,84:x
Also x=8,08 %.

Aus der zweiten Ablesung folgt:

15,02:15,38=7,84:x
Also x=8,02 %.

Erste Ablesung 8,08
Zweite Ablesung 8,03

Vermeidlicher Fehler: 0,05 %

Bei einem anderen Versuche mit Hippursäure ergab die erste Ablesung unmittelbar nach vollzogener Absorption der Kohlensäure:

18,05 ccm Stickstoff.

Abermalige Ablesung nach 24 Stunden:

17,83 ccm Stickstoff.

Nach abermals 24 Stunden:

17,83 ccm Stickstoff.

Bei einem andern Versuche mit Hippursäure ergab sich bei Ablesung unmittelbar nach Absorption der Kohlensäure:

18,17 ccm Stickstoff.

24 Stunden später:

18,04 ccm Stickstoff.

Die Theorie verlangte:

18,09 ccm Stickstoff.

Zur Prüfung der Wirkung kürzerer Zeiten ergab sich nach Verbrennung von Hippursäure und Ablesung unmittelbar nach Absorption der Kohlensäure:

13,157 ccm Stickstoff.

Nochmalige Ablesung nach 4 Stunden:

12,966 ccm Stickstoff.

Aus diesen Versuchen folgt also:

Wenn man in einem ursprünglich feuchten Eudiometer von 1 M Länge und 2,5 cm lichtem Durchmesser eine Stickstoffmenge hat, die reducirt 10 bis 15 ccm beträgt und unmittelbar nach Absorption der Kohlensäure die Rechnung ausführt, der reducirte Werth um 0,1 bis 0,2 ccm zu gross erhalten wird. Man kann also, wenn es nicht auf absoluteste Genauigkeit ankommt, 0,15 ccm abziehen. Besser aber ist, wie ich es fast immer gethan habe, definitiv erst nach 24 Stunden abzulesen, weil dann das Volum constant ist.

Sobald man aber stickstoffreichere Körper zu analysiren hat oder richtiger gesagt Gasmengen, in denen das Verhältniss des Stickstoffs zur Kohlensäure ein grösseres ist, lässt sich das abgekürzte Verfahren nicht mehr einschlagen.

Zum Belege berichte ich von einem Versuche, bei dem 0,4278 gr Cyanursäure verbrannt wurden. Sie musste liefern 111,17 ccm Stickstoff. Die Ablesung unmittelbar nach Absorption der Kohlensäure durch Kalilauge von 1,35 spec. Gew., versteht sich

wie immer nach sicherer Ausgleichung der Temperatur des Gases mit der Umgebung, ergab:

111,78 ccm Stickstoff;

also 0,61 ccm zu viel.

Ablesung nach 24 Stunden ergab:

110,97 ccm Stickstoff;

also nunmehr 0,2 ccm zu wenig, dann

Ablesung nach mehrmals 24 Stunden:

110,83 ccm Stickstoff;

also endlich 0,35 ccm zu wenig.

Die lange Zeit, die hier bis zum Eintritt des constanten Zustandes der Dampfspannung nöthig ist, hat offenbar ihren Grund darin, dass das Gas eine Länge des Absorptionsrohres von circa ½ Meter einnahm.

In diesem Falle würde also die Analyse immer mehre Tage in Anspruch nehmen. Um dem zu entgehen, ermittelte ich nun folgendes Verfahren, welches für alle Fälle anwendbar bleibt. Man führt in das Gasgemisch, welches aus Kohlensäure und Stickstoff besteht, Kalilauge von 1,35 spec. Gewicht ein, erregt durch sanftes Hin- und Herneigen des Eudiometers Schwankungen des Quecksilbers in demselben, bringt so die Kohlensäure sehr rasch zum Verschwinden, stellt dann das Eudiometer vertikal auf und liest von Zeit zu Zeit ab, bis das Niveau constant geworden ist, also sicher alle Kohlensäure verschwunden ist. Das Niveau ist nun allerdings noch nicht absolut constant, weil die nachträgliche Trocknung des Gases durch die starke Lauge eine geringe Contraction bewirkt. Diese geschieht aber so langsam im Vergleich mit der durch die Kohlensäureabsorption bedingten, dass man sich hierbei nicht täuschen kann, hinreichender Ueberschuss der absorbirenden Kalilauge vorausgesetzt. Man notirt sich zugleich die Höhe der Säule der Kalilauge und füllt darauf ausgekochtes Wasser in das Eudiometer, so dass die Kalilauge ungefähr auf das 10fache verdünnt wird. Darauf erregt man wieder Schwankungen der Flüssigkeit im Eudiometer, so dass überall die ursprüngliche Kalilauge mit dem Wasser in Berührung kommt, was übrigens schon darum auch ohne unser Zuthun geschieht, weil in Folge der Senkung der Quecksilbersäule im Eudiometer das Gas stärker comprimirt wird, die Flüssigkeitsoberfläche der verdünnten Lauge also aufsteigt. Nunmehr hat das Gas die volle Wasserdampfspannung. Es frug sich

aber, ob durch Absorption des Stickstoffs in der beträchtlichen Masse der verdünnten Kalilauge kein Fehler entstehe. Zur Entscheidung stellte ich folgenden Versuch an.

Im Eudiometer sind nach Absorption der Kohlensäure durch Kalilauge von 1,35 spec. Gewicht und Eintritt des constanten Zustandes enthalten:

50,54 ccm Stickstoff.

Darauf wird ausgekochtes Wasser eingefüllt, das specifische Gewicht der so erhaltenen verdünnten Kalilauge berechnet und 1 Stunde nach Einführung des Wassers, als das Niveau constant geworden war, das Volum wieder diesmal unter Voraussetzung voller Wasserdampfspannung reducirt. Es ergab sich:

50,57 ccm Stickstoff.

Abermalige Ablesung nach 24 Stunden ergibt:

50,54 ccm Stickstoff.

Nach abermals 24 Stunden:

50,47 ccm Stickstoff.

Nach 8 Tagen:

50,42 ccm Stickstoff.

Bei einem anderen Versuche wurde Stickstoff in das befeuchtete Eudiometer gebracht:

Beobachtetes Volum	Beobachteter reducirter Druck	Temp.	Reducirtes Volum (0° C. und 0,76 M)
244,164 ccm	35,785 cm	13,7° C.	109,48 ccm.

Darauf wurde Kalilauge von 1,35 sp. Gewicht und dann luftfreies destillirtes Wasser bis zur zehnfachen Verdünnung der Lauge eingeführt. Diese hatte also ein specifisches Gewicht von 1,035 und bildete eine Säule von 22,55 Höhe resp. von 96,4 ccm. Nachdem das Eudiometer über Nacht gestanden, wurde abgelesen und reducirt:

Beobachtetes Volum	Beobachteter reducirter Druck	Temp.	Reducirtes Volum (0° C. und 0,76 M)
193,063 ccm	45,152 cm	13,1° C.	109,43 ccm.

So langsam also verläuft bei absolut ruhig stehendem Eudiometer die Absorption des Stickstoffs in verdünnter Kalilauge, dass in circa 20 Stunden nicht mehr als 0,05 ccm Stickstoff verschwand. Dies ist eine für die organische Elementaranalyse stickstoffhaltiger Körper höchst günstige Thatsache.

Analytische Belege.

I. Harnstoff.

Verbrannt wurden 0,3185 gr Harnstoff. Es ist die erste Verbrennung, welche wir nach dieser Methode gemacht haben. Sie gelang sofort absolut. Im Verbrennungsrohr befand sich der Harnstoff in einem Platinschiffchen. Durch Erhitzen desselben wurde er in flüchtige Körper verwandelt, die, indem sie über das glühende Kupferoxyd strichen, total verbrannten. Resultat:

	Berechnet	Gefunden
Kohlenstoff:	19,97 %	19,83 %
Stickstoff:	46,74 „	46,61 „
Wasserstoff:	6,67 „	6,57 „

II. Cyanursäure.

Verbrannt wurden 0,4278 gr Cyanursäure mit dichromsaurem Kalium:

	Theorie	Gefunden
Kohlenstoff:	27,87 %	27,68 %
Stickstoff:	32,62 „	32,44 „
Wasserstoff:	2,32 „	2,33 „

III. Cyanursäure.

Verbrannt wurden 0,4009 gr Cyanursäure mit dichromsaurem Kalium:

	Theorie	Gefunden
Kohlenstoff:	27,87 %	27,83 %
Stickstoff:	32,62 „	32,62 „
Wasserstoff:	2,32 „	2,317 „

IV. Hippursäure.

Verbrannt wurde 0,2369 gr Hippursäure mit blossem Kupferoxyd; die meisten hier nicht mitgetheilten Verbrennungen mit blossem Kupferoxyd gaben mangelhafte Resultate. Hier wurde erhalten:

	Theorie	Gefunden
Kohlenstoff:	60,31 %	60,28 %
Stickstoff:	7,84 „	7,94 „

V. Hippursäure:

Verbrannt wurden 0,2216 gr Hippursäure mit Gintl's Mischung in einer Platinrinne.

	Theorie	Gefunden
Kohlenstoff:	60,31 %	60,39 %
Stickstoff:	7,84 „	7,75 „
Wasserstoff:	5,04 „	5,05 „

VI. Hippursäure.

Verbrannt wurde 0,268 gr Hippursäure mit Gintl's Mischung in einer Platinrinne:

	Theorie	Gefunden
Kohlenstoff:	60,31 %	60,22 %
Stickstoff:	7,84 „	7,90 „
Wasserstoff:	5,04 „	5,06 „

VII. Hippursäure.

Die Verbrennung geschah mit Anwendung von Bichromat im Reagensglas mit 0,2101 gr Hippursäure.

	Theorie	Gefunden
Kohlenstoff:	60,31 %	60,28 %
Stickstoff:	7,84 „	7,74 „
Wasserstoff:	5,04 „	5,11 „

VIII. Hippursäure.

Verbrannt wurden 0,2199 gr Hippursäure mit Bichromat im Reagensglas. Resultat:

	Theorie	Gefunden
Kohlenstoff:	60,31 %	60,14 %
Stickstoff:	7,84 „	7,77 „
Wasserstoff:	5,04 „	5,01 „

IX. Hippursäure.

Verbrannt wurden 0,1968 gr Hippursäure mit Bichromat im Reagensglas:

	Theorie	Gefunden
Kohlenstoff:	60,31 %	60,37 %
Stickstoff:	7,84 „	7,89 „
Wasserstoff:	5,04 „	5,20 „

X. Alloxantin.

Verbrannt wurden 0,2743 gr Alloxantin mit Bichromat im Reagensglas. Resultat:

	Theorie	Gefunden
Kohlenstoff:	29,79 %	29,86 %
Stickstoff:	17,44 „	17,27 „
Wasserstoff:	3,11 „	3,17 „

XI. Alloxantin.

Verbrannt wurden 0,3089 gr. Alloxantin mit Bichromat und Kupferoxyd.

	Theorie	Gefunden
Kohlenstoff:	29,79 %	29,73 %
Stickstoff:	17,44 „	17,103 „
Wasserstoff:	3,11 „	3,27 „

XII. Alloxantin.

Verbrannt wurden 0,3654 gr Alloxantin mit Bichromat und Kupferoxyd. Resultat:

	Theorie	Gefunden
Kohlenstoff:	29,79 %	29,71 %
Stickstoff:	17,44 „	17,27 „
Wasserstoff:	3,11 „	3,22 „

Es wird vielleicht nicht unzweckmässig sein, wenigstens an einer der Analysen die Art der Rechnung zu zeigen. Ich wähle hierzu die sehr gute Analyse VII mit Hippursäure.

Mai 2. 1878.

Glasröhrchen + Hippursäure	= 7,3863 gr
Glasröhrchen nach Entleerung	= 7,1762 „
Angewandte Substanz	= 0,2101 gr
Chlorcalciumrohr vor Verbrennung	= 46,4608 gr
„ nach Verbrennung	= 46,5575 „
Absorbirtes Wasser	= 0,0967 gr
Schwefelsäureventil nach der Verbrennung	= 47,6795 gr
„ vor der Verbrennung	= 47,6788 „
Absorbirtes Wasser	= 0,0007 gr

Also gefundenes Wasser:	0,0967 gr
	+ 0,0007 „
Wasser im Ganzen:	0,0974 gr

keit, weil nicht principieller Natur, durch fortgesetzte Variation der Experimente beseitigt werden können.

Wie die mitgetheilten Analysen zeigen, gibt auch diese Methode den Kohlenstoff ein wenig zu klein; ebenso verhält sich aber auch der Stickstoff. Wir fanden fast regelmässig ein etwas zu kleines Volum des Gesammtgases. Man darf aber nicht bald nach Gewinnung der Gase durch die Verbrennung ablesen, weil das Glas des Eudiometers sich so langsam abkühlt. Denn wenn wir selbst $1/2$ Stunde nach Aufstellung des Rohres ablasen, fehlte kein Gas, sondern wir hatten zu viel. Am andern Morgen aber, wenn Temperaturgleichgewicht sich überall im Gaslaboratorium hergestellt hatte, war das Volum des Gesammtgases fast regelmässig zu klein. — Es versteht sich von selbst, dass öfters die Abwesenheit von Sauerstoff im Stickstoff durch Verpuffen mit Wasserstoff und Knallgas oder durch Prüfung mit Kaliumpyrogallat festgestellt wurde.

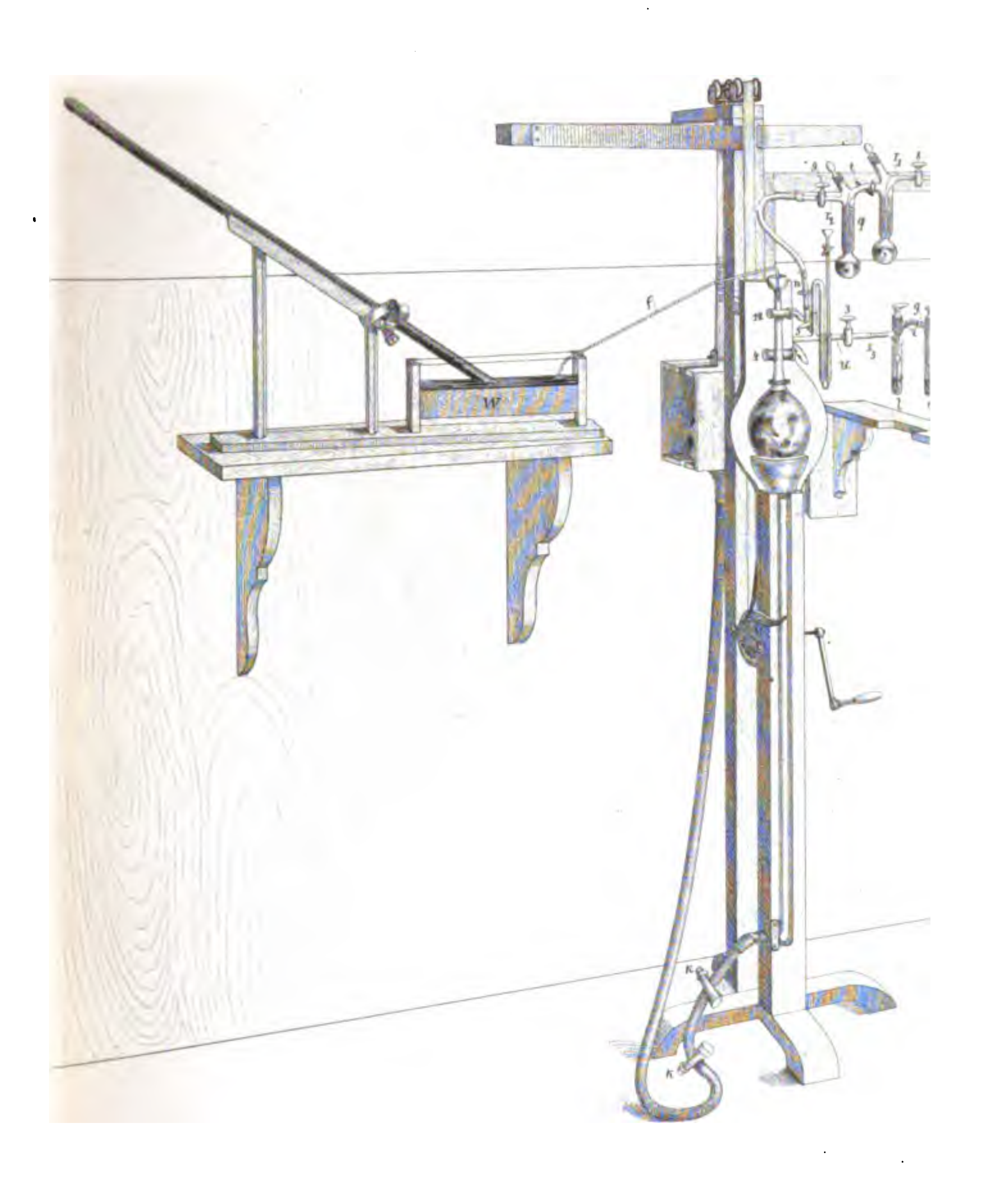
Für die Unterstützung, welche mir bei dieser Arbeit von meinen beiden Assistenten, den Herren Dr. D. Finkler und Dr. F. Oppenheim geleistet worden ist, spreche ich hier meinen verbindlichen Dank aus.

Zur Erklärung der Tafel III.

Wegen der perspectivischen Verkürzung deckt der eine Schenkel des U-rohrs c theilweise den anderen, sodass man nicht zwischen den beiden Schenkeln hindurchsehen kann.

Hahn 5 ist nur theilweise sichtbar.

Hahn 10 des Textes hat in der Tafel keine Zahl, ist nur theilweise sichtbar zwischen den Zeichen n und 5.



Lith. Inst. d. Rh. Friedr. Wilh. Univ. v.

(Aus dem physiologischen Institut zu Breslau.)

Ueber die Pepsinbildung in den Pylorusdrüsen.

Von

R. Heidenhain.

Die Pepsinbildung in den Pylorusdrüsen wird trotz der zahlreichen Beweise, welche von verschiedenen Seiten, namentlich von Ebstein und Grützner in ihren theils gemeinschaftlichen, theils besonderen Arbeiten dafür beigebracht worden sind, noch immer bestritten, obschon die Gründe für diese Opposition oft genug mehr von Vorliebe für die alten eingewurzelten Vorstellungen, als von objectiver Beurtheilung der neuen vorliegenden Thatsachen diktirt erscheinen. Unter den Arbeiten, welche in dieser Frage erschienen sind, ist eine der hervorragendsten die aus Rollet's Laboratorio hervorgegangene Untersuchung von Klemensiewicz [1]). Dieser Forscher hatte die kühne Idee, den Pylorustheil des Magens auf ähnliche Weise zu isoliren wie es Thiry mit Schlingen des Dünndarmes gethan hatte. Klemensiewicz trennte nämlich bei Hunden die portio pylorica durch zwei Querschnitte von dem Darme und von dem fundus des Magens, vereinigte den ersteren mit dem letzteren durch Näthe, um die Continuität des Verdauungsrohres wieder herzustellen, und bildete dann aus dem Pylorustheile einen künstlichen Blindsack, der mit einer Fistelöffnung nach aussen mündete. Leider überlebte keiner seiner Hunde die 72. Stunde nach der Operation, die meisten starben erheblich früher. Trotzdem reichte die Zeit aus, um ein alkalisches Secret von zäher, schleimiger Beschaffenheit, freilich oft mit Blut und Eiter untermischt, zu gewinnen, welches, mit Salzsäure von 0,1% versetzt, Faserstoff in kurzer Zeit und zwar ebenso schnell, wie das Secret der Fundus-Abtheilung des Magens, zu lösen vermochte.

---

1) Ueber den Succus pyloricus. Wiener Sitzungsberichte. Band 71. Sitzung vom 18. März 1875.

Wenn Klemensiewicz aus diesen Versuchen den Schluss zog, dass die Pylorusdrüsen an der Pepsinbildung zweifellos betheiligt seien, so wurde von den Gegnern ein letzter, aber in sich schon von vornherein sehr unwahrscheinlicher Einwand erhoben. Die Pylorusschleimhaut sei im Normalzustande mit einer sehr dicken Schleimlage überzogen, an und in welcher von dem Fundus secernirtes Pepsin hafte. Dieser Schleim werde erst allmählich entleert, die Zeit der Beobachtung sei für eine völlige Reinigung der Oberfläche des künstlichen Pylorussackes zu kurz gewesen, und so habe Klemensiewicz doch nur Funduspepsin vor sich gehabt.

Um diese Ausflucht zu entkräften, war der Versuch geboten, Thiere nach Anlegung der Pylorusfistel auf die Dauer am Leben zu erhalten. Was Klemensiewicz vergeblich erstrebt, ist mir unter Anwendung des antiseptischen Verfahrens nach Lister unter sechs Fällen dreimal gelungen.

Von den drei Hunden, welche die Operation längere Zeit überlebt, scheidet einer für unsere Zwecke aus, denn bei ihm war die Fundus-Schleimhaut nicht vollständig getrennt worden, wie sich sehr bald an der Beschaffenheit des Secretes zeigte. Während der Verdauung traten aus der Fistel zähe Schleimmassen von stark alkalischer Reaction, neben und gleichzeitig mit ihnen, ohne sich damit zu mischen, tropfte ein dünnflüssiges, saures Secret ab, welches Faserstoff sehr energisch löste. Belehrt durch diesen Fall, haben wir später nach Abtrennung der portio pylorica den Schleimhautrand derselben genau mikroskopisch untersucht, um vor Beendigung der Operation alle Fundusdrüsen aus dem Pylorussacke mit Sicherheit auszuschliessen.

Von den beiden übrigen Hunden war ich den einen genöthigt, am vierzehnten Tage nach der Operation zu tödten. Es hatte sich bei ihm an dem Uebergange aus dem Magen in den Darm eine so hochgradige Strictur ausgebildet, dass der Magen die Speisen in den Darm nicht mehr hinüberzuschaffen vermochte. Die Folge davon war eine enorme Magen-Erweiterung. Das Thier fing an zu erbrechen, behielt zuletzt auch nicht mehr Wasser bei sich und verlor derartig an Gewicht und an Kräften, dass Nichts übrig blieb, als ihn aus diesem elenden Zustande zu erlösen.

Inzwischen hatte der Pylorussack zwölf Tage lang zähen, glashellen, alkalischen Schleim abgesondert. Eine Flocke davon, mit fünf bis zehn ccm Salzsäure von 0,1 % versetzt, verdaute aus-

nahmslos Fibrin sehr kräftig in Zeit von dreissig Minuten bis zu einer Stunde.

So weit mit Klemensiewicz in Uebereinstimmung, habe ich doch niemals dessen Beobachtung bestätigen können, dass das Pylorus-Secret diastatisches Ferment enthalte. Alle Versuche, Stärkelösung im Brütofen bei 40 ° C. mittelst desselben in Zucker umzusetzen, schlugen fehl.

Die mikroskopische Untersuchung der Schleimhaut des Pylorussackes nach dem Tode ergab die völlige Abwesenheit von Fundus-Drüsen.

Der letzte Hund, über welchen ich zu berichten habe, wurde am fünften Juli operirt. Am siebenten Juli Abends erhielt er zum ersten Male Milch, nur zwei Esslöffel, am nächsten Tage mehrmals die gleiche Dosis; am neunten frass er bereits mit Begierde ausser Milch auch kleine Portionen feingewiegten Fleisches. Es ist durchaus nothwendig, die dargereichten Nahrungsportionen in der ersten Zeit jedesmal sehr klein zu nehmen, wenn nicht Erbrechen eintreten soll. Das Thier wurde nun bei völligstem Wohlbefinden bis zum 26. Juli, also dem 21. Tage nach der Operation, täglich beobachtet. Jedesmal nach der Fütterung beginnt langsame Absonderung, die sich gegen die fünfte Stunde nach der Nahrungsaufnahme steigert. Immerhin bleiben die abgesonderten Mengen gering, zwei bis drei ccm in der Stunde. Das Secret ist constant alkalisch, zähschleimig, glashell, reich an Pepsin und an Labferment. Denn es verdaut, mit Salzsäure von 0,1 % versetzt, Fibrin sehr energisch, und bringt, in frische Milch eingetragen, dieselbe ohne Säurebildung in der Wärme in ¹/₄ bis einer Stunde zu vollständiger Coagulation. Dagegen fehlt auch hier wieder das diastatische Ferment.

Als ich gegen Mitte September von einer Reise zurückkehrte, hatte die Fistel sich ausserordentlich verengt, doch wurde noch immer der gleiche, pepsinhaltige Schleim entleert.

Die obigen Beobachtungen, von welchen die zweite sich jetzt über eine Dauer von zehn Wochen erstreckt, werden, denke ich, geeignet sein, die letzten Zweifel an der Pepsinbildung in den Pylorusdrüsen zu beseitigen und den langwierigen Streit, welchen namentlich Grützner mit so grosser Ausdauer bezüglich dieser Frage zu führen gezwungen gewesen ist, endgültig zu entscheiden.

Ueber den Ursprung der erregenden Herznerven.

Von

M. Schiff.

Nebst Tafel IV.

Vor einigen Tagen erhielt ich durch die Güte des Herrn Verfassers eine neue sehr interessante Mittheilung von Stricker, über die sogen. Acceleratoren des Herzschlages, welche mich zu einigen Bemerkungen zur Vertheidigung früher von mir ausgesprochener Versuchsresultate veranlasst. Stricker hat gefunden, dass wenn man curarisirten Hunden (von der Anwendung eines eigentlichen Anästhetikums bei der Operation ist nicht die Rede) die Brust eröffnet und den Sympathikus einer Seite (er wählt gewöhnlich die rechte) in der Höhe der 4. bis 6. Rippe durchschneidet, und den Gränzstrang nach oben hin präparirend, alle seine Verbindungen mit dem Rückenmarke durchtrennt, ebenso auch die nach vorn von den Ganglien abgehenden Aeste, sodass der Gränzstrang zuletzt wie ein freier knotiger Faden nur durch das untere Cervikalganglion und die unverletzte Ansa Vieussenii mit dem übrigen Körper, resp. mit dem mittleren Cervikalganglion in Verbindung steht, jede sehr kräftige Reizung (durch den Induktionsstrom) jeder Stelle dieses Fadens den Herzschlag bedeutend beschleunigt, und zwar um so bedeutender, je näher man mit dem Reize zur Ansa Vieussenii hinaufrückt. Der Reiz wirkt am stärksten, wenn er die Ansa selbst oder das untere Cervikalganglion durchsetzt.

Die Deutung dieser Beobachtungen schien dem verehrten Verfasser nicht mehr zweifelhaft, nachdem er sich überzeugt hatte, dass der vorhin wirksame Reiz jeden Einfluss verliert, wenn man den frei präparirten Sympathikus zwischen Reizstelle und Ansa Vieussenii mit einem Faden fest unterbindet. Die erwünschte Wirkung dieser Unterbindung beschwichtigt bei ihm jedes Bedenken gegen die ungewöhnlich starken Ströme, die er anwenden musste, um seine Resultate zu erzielen.

Stricker glaubt erwiesen zu haben, dass die sogen. beschleunigenden Herznerven vom verlängerten Mark aus bis tief in's

Brustmark herabsteigen, von hier aus nach und nach durch die rami communicantes in den Sympathikus übertreten, dessen obere Brustknoten sie in wachsender Zahl von unten nach oben durchsetzen, bis sie sich alle im unteren Cervikalganglion vereinigen, von wo aus sie durch die Ansa Vieussenii zum mittleren Cervikalganglion und den Herzgeflechten gelangen. Es wäre also im Wesentlichen bis zum unteren Cervikalganglion derselbe Verlauf, den nach meinen Untersuchungen (C. R. 1862 II) die verengernden und erweiternden Gefässnerven der oberen Extremität nehmen.

So leicht es ist, den Hauptversuch von Stricker zu bestätigen, so schwer wird es, den daraus gezogenen Schlüssen beizustimmen. Bedenklich ist schon, wie eben angedeutet, dass die angeblich im Brustsympathikus verlaufenden Fasern nur durch Ströme von einer Stärke sich offenbaren, wie man sie sonst aus guten Gründen bei Reizungen von Nervenstämmen niemals anzuwenden pflegt. Bedenklicher noch ist der Umstand, welcher in der Nervenphysiologie einzig und völlig unverständlich dastehen würde, dass die hypothetischen Fasern im Brust若strang, um auf den starken Reiz zu antworten, erst von ihren Rückenmarkswurzeln getrennt werden müssen. Ohne vorgängige Durchschneidung aller Verbindungsäste ist nach Stricker die Reizung des Brustsympathikus zwar nicht immer ganz ohne allen Erfolg, derselbe ist aber nicht derart, dass man auf die Erregung von beschleunigenden Fasern schliessen kann. Diese sonderbare Beobachtung ist faktisch richtig, und wenn Stricker gesteht, sie nicht erklären zu können, so hoffe ich, dass sie sich unserer Auffassung der Verhältnisse als weniger unverständlich gegenüberstellen werde. (Siehe Anhang 1.)

Sehr verdächtig ist es, dass die Reizversuche jeden Anhalt versagen, um die Ansicht zu begründen, dass die angeblichen Beschleunigungsnerven durch die rami communicantes des Brustmarkes verlaufen. Hier weist zwar der Verfasser darauf hin, dass die Durchschneidung dieser rami in seinen Versuchen immer den Puls verlangsamt habe, was auf aufgehobenen Tonus der Beschleuniger hindeute. Es scheint aber, dass die Verlangsamung hier eher der Schwächung durch die eingreifende Operation zuzuschreiben ist. Denn in meinen Versuchen, in denen die Thiere Tage und Wochen nach und vor der Heilung der Wunde beobachtet wurden, habe ich niemals bemerken können, dass der Puls verlangsamt wird,

wenn man die Ansa Vieussenii beiderseits durchtrennt, wenn man also den angeblichen Sammelplatz der Acceleratoren ausser Verbindung mit den Aesten bringt, durch die, nach fast allen Beobachtern und auch nach Stricker, die Acceleratoren zum Herzen gelangen. Man bemerke, dass diese Beobachtungen nichts entscheiden können und sollen, in Bezug auf die schwierige Frage, ob nach Lähmung der wirklichen Acceleratoren eine Verlangsamung des Herzschlags eintrete, oder nicht. Nach meinen Versuchen fehlt der Tonus der Acceleratoren bei atropinisirten Thieren, ich darf aber noch nicht behaupten, dass er in Folge der Wirkung des Atropins geschwunden war.

Wir haben gezeigt, dass Stricker's Versuche in Betreff der Mittel- und Endstation des Weges, den er seine Acceleratoren durchwandern lässt, gegründeten Zweifeln Raum geben. Einen noch viel ungünstigeren Eindruck macht die Art und Weise, wie er die Anwesenheit dieser Nerven in der Anfangsstation, im Halsmark beweisen will. Wenn es darauf ankommt nachzuweisen, dass die betreffenden Nerven im Halsmark gegen die Brust absteigend verlaufen, muss man offenbar das Cervikalmark vor der Reizung so isoliren, dass blos dieser eine supponirte Verbindungsweg mit dem Herzen übrig bleibt. Gänzlich wird der Zweck des Versuches vereitelt, wenn man noch solche Verbindungen offen lässt, die von früheren Forschern, deren Ansichten man bestreiten will, als die wahren und einzigen direkten Vermittler zwischen Herz und Halsmark nachgewiesen oder hingestellt worden sind.

In unseren neueren Arbeiten über die Herznerven und besonders in der Abhandlung „Altes und Neues" etc. in Moleschott's Zeitschrift haben wir darum die Vorschrift zu begründen versucht, bei allen Experimenten, die ein Absteigen von Herznerven im Halsmark beweisen sollen, dieses Mark entweder vollständig von den Wurzeln des Vagus zu isoliren, oder, was beim Hunde viel leichter ist, den Vagus beiderseits vollständig am Halse zu durchschneiden. Diese Durchschneidung ist wohl schon von den meisten früheren Forschern angestrebt worden, aber man hat sich, ohne genauere Kenntniss des Faserverlaufs in den Kehlkopfsästen zum Herzen hin, darauf beschränkt, den Hauptstamm des Vagus sympathikus etwa in der Mitte des Halses zu trennen. Aus meinen Versuchen ergibt sich die Vorschrift, entweder noch die Kehlkopfäste des Vagus besonders aufzusuchen, oder den Vagus behufs Aufhebung

seiner Herzwirkung innerhalb seines zweiten, in der Nähe der Schädelbasis gelegenen Ganglions, des sogen. Plexus ganglioformis, mit dem Halssympathikus zu durchschneiden. Diese Vorschrift ist bei den Versuchen über den Einfluss des Markes auf das Herz viel wichtiger, als die gewöhnlich befolgte, welche sich bemüht, den Einfluss der Druckerhöhung auf den Herzschlag auszuschliessen.

Mag nun meine Ansicht, die im Vagus (sensu latiori) den alleinigen und ausschliesslichen Vermittler der von den Centraltheilen ausgehenden Herzbeschleunigung erkennt, richtig, oder, wie mein verehrter Gegner meint, ein blosser Glaube sein, jedenfalls hätte Stricker im Interesse seiner eigenen Ansicht sorgfältiger als seine Vorgänger, denen meine Abhandlung noch nicht zugänglich war, bei seinen Markreizungen jede mögliche Mitbetheiligung des Vagus vermeiden sollen. Statt dessen sehen wir mit Befremden, dass er nicht einmal, wie seine meisten Vorgänger, das Halsmark vom verlängerten Marke getrennt hat. In den 6 ersten Versuchen ist vom Vagus gar nicht die Rede, es wird nur Atropin gegeben zur Lähmung der Hemmungsnerven. In den anderen 7 Versuchen am Halsmark wird zwar bemerkt „Vagi durchschnitten", welcher Leser dieser Abhandlung wird aber hieraus schliessen wollen, dass die Durchschneidung eine vollständige, in meinem Sinne vollständige, war. Dass sie dies nicht war, geht für mich überzeugend aus dem Umstande hervor, dass die Markreizung jedesmal ein beträchtliches Anwachsen der Frequenz im Gefolge hatte, beträchtlicher als es aus der gleichzeitigen Drucksteigerung erklärt werden kann. Da nun, wie ich bereits in der Abhandlung „Altes und Neues" erörtert, und wie ich es auch nach neueren sehr zahlreichen Versuchen bestätigen kann, eine solche Frequenzvermehrung bei noch so intensiver Markreizung stets fehlt, wenn die Vagi in ihrer ganzen Ausdehnung vollständig durchschnitten sind (bei Hunden und Katzen, bei Kaninchen aber musste ich früher die Sache noch zweifelhaft lassen. Siehe Anhang 2), so kann ich die von Stricker beobachtete Vermehrung nur den erhaltenen Vagusfäden zuschreiben. Man wird es also begreiflich finden, dass ich von diesem Standpunkte aus in Stricker's hierhergehörigen Versuchen, freilich ganz gegen die Absicht des geschätzten Verfassers, eine Ergänzung und Bekräftigung meiner eigenen sehe, die mir übrigens auch schon von früheren Autoren

reichlich und genügend geliefert worden ist. Ich bemerke noch, dass ich mich, besonders in den letzten Jahren, mit Vorliebe der mechanischen Markreizung bedient habe, die sich bei grösseren Hunden leicht in tetanisirender Weise ausführen lässt. Unter andern Vortheilen dieser Reizung ist besonders auch der hervorzuheben, dass sie mir kurzweg jede Ausflucht abgeschnitten hätte, wenn sich unter den vielen Versuchen ein einziges Mal eine Ausnahme von der hier ausgesprochenen Regel dargeboten hätte.

Scheinbare Ausnahmen habe ich aber unter ganz bestimmten Bedingungen erwartet und wirklich gefunden. Gewiss kann man diese Bedingungen in mehrfacher Weise modifiziren, aber meine bisherigen Erfahrungen haben mir dieselben blos in einer einzigen, sehr bestimmt zu formulirenden Verkettung vorgeführt. Die Sache lässt sich kurz in folgender Weise aussprechen: Wenn man den oberen Theil des Rückenmarks reizt, kurze Zeit (40—100 Sekunden) nach der Lösung einer längeren Compression der Brust- oder obern Bauchaorta, wenn der Puls gegen Ende der Aortenkompression nicht beschleunigt war, und zwischen dem Nachlass der Compression und der Markreizung keine bedeutende Schwankung der Pulsfrequenz aufgetreten, dann wird kurz nach Beginn der Markreizung der Herzschlag beschleunigt, und die Beschleunigung ist unverhältnissmässig stärker, als die, welche der Erhebung des Aaortendruckes entsprechen kann. Um diese Bedingungen zu kontrolliren, muss man vor allem genau die Pulse aufschreiben, welche der Druckschwankung unmittelbar nach dem Nachlass der Aortenklemmung entsprechen. Rücken hier die Pulse enge aneinander, so ist die darauf folgende Markreizung umsonst, darum folgt sie der allgemeinen Regel und gibt, wenn die Vagi gut durchschnitten waren, keine Beschleunigung. Wie ich mir diese Bedingungsglieder zusammengedacht und wie die Erfahrung meine Voraussicht treu und streng bewährt hat, darüber werde ich ein anderes Mal berichten. Vorläufig nur die Bemerkung, dass in Betreff des Nerveneinflusses des Markes auf's Herz die oben erwähnte Beobachtung in der That nur eine scheinbare Ausnahme darstellt; denn die Herznerven sind dabei gar nicht direkt betheiligt. Denn wenn man die Bedingungen herzustellen versteht, so gelingt der Versuch auch noch mit Abtrennung und Zerstörung aller Herznerven, nicht nur der wirklichen, sondern auch der vermeintlichen.

Auch Albertoni hat nach dem Erscheinen meiner Abhandlung „Altes und Neues“ einen Versuch publizirt, der die Anwesenheit beschleunigender Herznerven im dritten oder vierten Dorsalnerven erweisen sollte. Dieser Versuch gelingt nur in einzelnen Fällen und stellt einen verwickelten Reflex von der Brust auf den nicht vollständig durchschnittenen Vagus dar. Hätte Albertoni, wie es seine Absicht war, den Vagus wirklich ganz von seinen Wurzeln abgetrennt, so würde er gefunden haben, dass von dem Moment der vollständigen Trennung an sein Versuch beharrlich versagt. In einer demnächstigen neuen Arbeit über den Einfluss des Vagus auf die Lungen werde ich übrigens auf diesen Versuch zurückkommen, da der Reflex hier meiner Ansicht nach durch die Lungengefässe vermittelt wird. Schon im vorigen Jahre habe ich bereits eine Auseinandersetzung meiner hierauf bezüglichen Versuche mit besonderer Berücksichtigung der Resultate von Albertoni der physikalischen Abtheilung des Institut Genèvois vorgelegt.

Man sieht aus dem Verhergehenden, dass Stricker's Theorie noch viel, sehr viel zu einer exakten Begründung fehlt, dass sie sogar für das Mark und die Nervenwurzeln in ihrer jetzigen Gestaltung ganz unhaltbar ist. Der Versuch am Brustsympathikus ist an sich ganz interessant, aber seine Erklärung ist nicht festgestellt. Es geht allerdings nicht an, in demselben eine direkte Wirkung von Stromschleifen, etwa auf Vagusäste am Halse zu sehen, auch gegen die Annahme einer unipolaren Wirkung ist er so ziemlich gesichert. Die Umstände aber, unter denen Stricker seinen Versuch gelingen sah, können den Verdacht wachrufen, dass es sich hier um elektrotonische Seitenwirkung, um eine sogen. paradoxe Stromwirkung handele. (Siehe Anhang 1.) Eine solche Deutung dürfte allerdings für Jeden gezwungen und paradox erscheinen, der nicht auf meinem ganz ausschliesslichen Standpunkte steht, d. h. für Jeden, der nicht mit mir im Vagoaccessorius, und nur im System des genannten Nerven, den alleinigen und ausschliesslichen Ursprung der Herzbeschleuniger sieht.

Wo in einer Frage, mit Recht oder Unrecht, eine solche exklusive Ansicht besteht, die sich trotz neuer Gegengründe, wenn auch scheinbar gezwungen, noch festhalten lässt, ist es keine unbillige Anforderung an den Schöpfer einer neuen Theorie, deren thatsächliche Begründung noch nicht zwingend feststeht, dass er

die Unhaltbarkeit oder wenigstens die Mangelhaftigkeit der früheren Ansicht beweise. Wenn es — und dazu war ja nach einigen Aeusserungen in meinen Arbeiten einige Hoffnung vorhanden — möglich gewesen wäre, den Vagus einer Seite und seiner Aeste am Halse ganz zur Degeneration zu bringen und es hätte der sog. Acceleratoren einer noch seine Thätigkeit gewahrt, dann hätte man mich mit einem Striche aus dem Felde schlagen können und man hätte das Recht, ja die Pflicht gehabt, für den Accelerator einen andern Weg zu suchen. Freilich hätte dabei die von so Vielen bevorzugte Theorie, die ihn im Cervikalmark verlaufen lässt, noch nichts gewonnen.

Wie aber die Sachen jetzt stehen, sind meine Gründe (und auf diese kommt es ja an und nicht auf das, was ich „glaube") noch unangetastet. Und der Zufall könnte es ja wollen, dass auch ich einmal, wenn auch nur ausnahmsweise, Recht hätte. Man hat ja in neuerer Zeit mehrere solche sonderbare Fälle erleben müssen.

Stricker, oder irgend ein anderer der noch so zahlreichen Anhänger einer der Cyon-Schmiedeberg'schen ähnlichen Acceleratortheorie [1]), hätte mir also wohl einmal den Gefallen thun können, bei 10 oder 12 Hunden (das Folgende wird es rechtfertigen, wenn ich gleich eine so unbescheidene Zahl fordere) den Vagus einer Seite vollständig zu durchschneiden und dann nach erfolgter Degeneration den sogen. Accelerator zu prüfen. Sie würden dann gefunden haben — aber ich möchte hier abbrechen — gerne möchte ich ihnen die Ueberraschung gönnen, die ihnen der Erfolg eines solchen Versuches bereiten wird, der ein wahres Experimentum crucis zu werden verspricht.

Jedoch diese Methode ist bereits versucht und es ist von ihr schon in meinen zwei letzten Abhandlungen über die Herznerven die Rede. Der Erfolg hat sich aber nicht so glatt herausgestellt, wie man es bei der Leichtigkeit und Einfachheit des experimentellen Eingriffs erwarten könnte. Im Gegentheil habe ich mich selbst in dieser Beziehung eines Widerspruchs, ja sogar, wenn man will, eines doppelten Widerspruchs, gegen meine eigenen Aussagen anzuklagen.

---

1) Schon 1878 habe ich darauf hingewiesen, dass die von Cyon ermittelten Thatsachen sich nicht in Widerspruch mit meinen Resultaten befinden, wenn man die abweichende anatomische Terminologie berücksichtigt.

In der Abhandlung „Altes und Neues“ in Moleschott's Zeitschrift XI. hiess es Seite 269:

„Wenn der Accessorius vollständig ausgerissen ist, so verlieren nach einigen Tagen der Vagus wie seine Aeste allen hemmenden oder beschleunigenden Einfluss auf das Herz. Die einzelnen Abtheilungen der Geflechte im Niveau der ersten Rippe habe ich in dieser Beziehung nicht geprüft“, dies ist begreiflich, denn diese Geflechte besonders zu prüfen, lag, vor Kenntniss der Schmiedeberg'schen Arbeit, gar keine besondere Veranlassung vor. Aber auf derselben Seite liest man eine Anmerkung als Zusatz bei der Correktur“. „Versuche, die ich später, im vorigen Winter (1872—73), angestellt, zeigen, dass nach hoher Durchschneidung des rechten Vagus auch die oben erwähnten Geflechte mit dem Sympathikus dieser Seite bald alle Einwirkung auf den Herzschlag verlieren.“

In demselben Bande befindet sich Seite 424 ein Aufsatz über die Funktion der mittleren und unteren Cervikalganglien des Hundes, in welchem ähnliche Versuche an Hunden besprochen werden. Der Verfasser war aber seitdem, wie er selbst zugesteht, durch Ceradini mit der Arbeit von Schmiedeberg bekannt geworden. Er beschreibt, wie er bei Hunden verschiedener Racen, denen er vor 6 bis 22 Tagen den rechten Vagus und recurrens resecirt, den Vagus und die mittleren Herznerven, die Schlinge des recurrens blossgelegt und sagt: „Der entartete Stamm des Vagus bis zum mittleren Cervikalganglion zeigte nicht den mindesten Einfluss auf den Herzschlag. Anders der Vagus unterhalb des Ganglions und mehrere von ihm ausgehende Aeste. Ihre Reizung vermehrte nicht nur den Herzschlag, sondern that dies sogar in höherem Grade, als ich es bisher in der Regel (einige besonders günstige Fälle nehme ich aus) vom Stamme des Vagus, selbst bei relativ normalem Thiere, gesehen hatte.“ Die Art und Weise, wie der Verf. den Widerspruch gegen seine frühere Angabe sich selbst und Anderen zu erklären versucht, überlasse ich dem Urtheile des Lesers. Auch fügt er noch Betrachtungen bei, um darzuthun, dass diese Fortdauer der Erregbarkeit der beschleunigenden Fasern unterhalb des mittleren Ganglions nicht in direktem Widerspruche mit der These stehe, die in diesen Fasern nur Ausbreitungen des Vagus sieht. Diese Betrachtungen müssen wir noch heute anerkennen und dem Leser zur Erläuterung dessen empfehlen, was wir hier noch mitzutheilen haben.

Wir begnügen uns, diese Widersprüche des Verfassers wörtlich zu citiren, aber hiermit sind sie noch nicht zu Ende. Wir werden vielmehr sehen, dass er jetzt, in seinem Streben, sie zu entschuldigen, zu erklären, sich nur noch tiefer verwickelt. In seiner zweiten eben citirten Arbeit (l. c. p. 425) hat er den Satz, dass der entartete Vagusstamm bis zum mittleren Cervikalganglion nicht mehr den mindesten Einfluss auf den Herzschlag hat. Dieses ist vielleicht der einzige seiner Sätze, mit dem fast alle Physiologen, sogar die „besseren" [1]), sich einverstanden erklären können, freilich braucht man auch nicht gerade Professor der Physiologie zu sein, um denselben auszusprechen. Wir werden sehen, wie der Verfasser jetzt an diesem einfachsten seiner Sätze rüttelt, wie er versucht, ihn zu leugnen und sich am Ende doch genöthigt sieht, auf einem Umwege zu ihm zurückzukehren.

Doch lassen wir ihn lieber selbst reden und jeder weitere Commentar wird überflüssig erscheinen.

Diese widersprechenden Angaben, sagt er, habe ich allerdings gemacht, der Widerspruch mit mir selber und dem Sachverhalte wäre aber noch grösser, wenn ich sie nicht gemacht hätte, denn sie sind wirklich in der Natur. Diese Widersprüche stehen allerdings schwarz auf weiss in meinen Schriften, sie stehen aber auch weiss auf schwarz auf meiner berussten Kymographenrolle. Der einzige Vorwurf, den man mir machen könnte, aber gewiss nicht machen wird, ist der, dass die Synthese nicht den Thatsachen vorausgeeilt ist.

Jetzt aber, wo sich die Thatsachen so gehäuft haben, dass jeder neue Versuch fast nur bereits oft Gesehenes bis zum Ueberdruss zu wiederholen scheint, jetzt mag es erlaubt sein, eine Synthese zu versuchen, die allerdings auch jetzt nur auf hypothetischem Wege, mit Zuhülfenahme vielleicht gewagter Analogien, möglich ist.

Geben wir zunächst eine Reihe von Versuchen als Beispiele. Diese Beispiele sind nicht gerade die charakteristischsten Versuche, die wir aus jeder Reihe besitzen, d. h. nicht diejenigen, welche die grössten Zahlenabweichungen geliefert, sondern solche, in denen die Notirungen mit den geringsten, und meistens ohne

---

1) Hier begeht sogar der Verf. eine, um höflich zu reden, Annexion fremden Eigenthums. Der Ausdruck „bessere" Physiologen gehört nicht ihm an, sondern ist der H. Ludwigsuniversität entsprossen, und auch in Giessen gerade bei Gelegenheit der Diskussionen über die motorischen Eigenschaften des Herzvagus zum ersten Male angewendet worden.

alle Unterbrechungen, auch während der Reizungspausen, fortgesetzt worden sind. Wir haben jedem Versuche eine Ordnungsnummer vorgesetzt, welche sich auf die hier aufbewahrten Originalcurven bezieht. Diese enthalten zunächst Druck und Pulszahl in jedem Momente des Versuches. Ausserdem ist öfters Rücksicht auf die Pulsform genommen, die vom Fik'schen Federmanometer oder vom älteren Kautschoucmanometer (Sphygmoscop) registrirt wurde. Ausserdem Athmungsfrequenz und Athmungsform in den Fällen, wo keine künstliche Respiration vorgenommen wurde. In einzelnen Fällen ist auch die natürliche Respiration aufgezeichnet, um Sicherheit zu gewähren, dass die Athmungsverhältnisse in den zur Zählung benutzten Zeiträumen vor und nach der Reizung derselben geblieben. Sollte also einer unserer verehrten Kollegen von einem bestimmten hier mitgetheilten Versuch nähere Auskunft in Betreff der hier der Kürze wegen nicht mitgetheilten Data, z. B. der Variationen der Pulsfrequenz während der Pausen, wünschen, so hat er in der deshalb an mich zu richtenden Anfrage blos die Ordnungsnummer des Versuches mit dem ihr beigesetzten Buchstaben (K. oder G.) zu sofortiger Verständigung anzuführen.

Die Versuche sind gewöhnlich an Hunden angestellt. Die Thiere erwachsen und von der verschiedensten Race und Grösse. Wir haben oft sehr grosse Hunde gewählt, wo es darauf ankam, einen langen Halsvagus zu verschiedenen Controllversuchen zu benutzen, wohingegen kleine Thiere für die Präparation der Geflechte im Niveau der Arteria subclavea (Accelerator, Ansa recurrentis) am bequemsten sind. Man wird aber bald sehen, dass sich in dieser Beziehung nicht viel im Voraus wählen lässt.

Wir halten uns in den hier mitzutheilenden Versuchen an die verschiedenen Categorien von Hunden, an denen der rechte Vagus am Halse vollständig, d. h. mit dem rechten recurrens (der oft zwei Stämmchen bildet), und zum Ueberfluss, weil Anastomosen möglich sind, auch mit dem descendens hypoglossi durchschnitten war. Die Operation auf der linken Seite ergibt analoge Resultate. Gelegentlich folgen noch einige Versuche anderer Art, die in Bezug auf die Herznerven zu interessanten Bemerkungen Veranlassung geben.

Versuchsreihe A.

Hund (G. 85b). Seit 7 Tagen der rechte Vagus am Halse durchschnitten, chloralisirt. Vagus bis unter das mittlere Halsganglion präparirt, so dass die Ansa Vienss., der Anfang des recurrens und der mittlere Herznerv zugänglich werden, der linke Vagus durchschnitten. Automatische Athmung.

In der ersten Zeit des Versuches häufige Intermissionen des Pulses. Es fallen dabei 1 bis 2 Herzschläge aus. Man wartet bis der erste Erfolg der Vagustrennung vorüber ist.

In dieser ersten Periode

24—12 Sek. vor d. Reiz. $51\frac{1}{2}$ Pulse

12—0 „ „ „ „ $50\frac{1}{2}$ „ mit 1 Intermiss.

Reiz. des Ganglion und seiner Aeste. Induktion. Dauer 36 Sek.

24—36 Sek. d. Reiz. 56 Pulse (ohne Intermission)

12—24 „ nach „ „ $54\frac{1}{2}$ „ (ohne Interm.)

36—42 „ „ „ „ 25 „ (ohne Interm.)

Man zählt wie in Folgendem nur Perioden ohne Intermissionen, daher oft nur 6 Sekunden statt 12.

Pause 57 Sekunden.	24 Sek.		Reiz.	49	Pls. in	12	Sek.
6 Sek. vor Reiz. 24 Pls. in 6 Sek.	36 „		„	50	„ „	12	„
Reizung d. Stammes sehr nahe über	42 „		„	25	„ „	6	„
dem Ganglion.	12 „	nach	„	52	„ „	12	„
Dauer der Reizung 45 Sek.	24 „	„	„	50	„ „	12	„
12 Sek. Reiz. 47 Pls. in 12 Sek.	36 „	„	„	47	„ „	12	„

Sehr lange Pause mit mehreren Reizungen des rechten Vagusstammes 1 bis 2 Centim. über dem Ganglion ohne alle Wirkung. Dann wird die Substanz des Ganglion gereizt.

12 Sek. vor d. Reiz. 44 Pls. in 12 Sek.	12 Sek.	nach	Reiz.	48	Pls. in	12	Sek.
Reizung von 20 Sek. Dauer.	24 „	„	„	46	„ „	12	„
12 Sek. Reiz. 48 Pls. in 12 Sek.	36 „	„	„	45	„ „	12	„
18 „ „ 28 „ „ 6 „	48 „	„	„	45	„ „	12	„

Es wird Atropin gegeben, der Puls ändert sich nicht im geringsten. Neue Reizung des Ganglion von 18 Sekunden. (Vorher stets 44 Pulse.)

12 Sek. Reiz. 48 Pls. in 12 Sek.	24 Sek.	nach	Reiz.	$44\frac{1}{2}$	Pls. in	12	Sek.
18 „ „ $25\frac{1}{2}$ „ „ 6 „	36 „	„	„	44	„ „	12	„

Nach längerer Pause bringt eine neue Reizung des Ganglion Vermehrung hervor. Der Puls war auf 40 in 12 Sek. gesunken und einige Zeit so geblieben, bei der Reizung steigt er auf 48.

Dann noch mehrere verschieden starke Reizungen des rechten Vagusstammes, die gar keinen Einfluss auf die Frequenz haben.

Solcher einfacher Versuche ohne Zwischenfälle haben wir mehrere, die stärkste Vermehrung bei Reizung des Ganglion (mit seinen Aesten) war hier von 44 auf 56. Eine solche Vermehrung von 12, wenn die Grundzahl über 42 ist, und von 2mal 12 = 24, wenn die Grundzahl über 32 ist, darf ich nach meinen Zusammenstellungen bei Hunden als eine submaximale bezeichnen.

Hund (G. 86). Grosses Thier, 12 Tage nach Durchschneiden des rechten Vagus. Ohne Curare wird die med. allung. rasch durchschnitten (am obern Ende nahe dem Pons), künstliche Athmung eingeleitet und dann der

Vagus mit dem mittleren Ganglion präparirt, der linke Vagus vorläufig noch nicht durchschnitten.

Als der Puls gleichförmig geworden, hatte man:

24 Sek. vor Reiz. 32½ Pls. in 12 Sek.
12 „ „ „ 32½ „ „ 12 „
Starke Reizung des Ganglion.
18 Sek. lang.
12 Sek. Reiz. 54½ Pls. in 12 Sek.
18 „ „ 30 „ „ 6 „
12 „ nach „ 54½ „ „ 12 „
24 „ „ „ 48½ „ „ 12 „
36 „ „ „ 44½ „ „ 12 „
48 „ „ „ 42½ „ „ 12 „
60 „ „ „ 38½ „ „ 12 „
72 „ „ „ 36 „ „ 12 „
Dieselbe Reizung. 24 Sek. Dauer.
12 Sek. Reiz. 42 Pls. in 12 Sek.
24 „ „ 45 „ „ 12 „
12 „ nach „ 38½ „ „ 12 „
24 „ „ „ 36 „ „ 12 „
36 „ „ „ 34 „ „ 12 „
48 „ „ „ 33½ „ „ 12 „
60 „ „ „ 32½ „ „ 12 „
Dieselbe Reizung viel schwächer.
12 Sek. Reiz. 32 Pls. in 12 Sek.
24 „ „ 32 „ „ 12 „
Reizung verstärkt.
36 Sek. Reiz. 47 Pls. in 12 Sek.
48 „ „ 53 „ „ 12 „
12 „ nach „ 45½ „ „ 12 „
24 „ „ „ 40½ „ „ 12 „
36 „ „ „ 37 „ „ 12 „
48 „ „ „ 33 „ „ 12 „
Pause von 138 Sekunden.
24 Sek. vor Reiz. 30 Pls. in 12 Sek.
12 „ „ „ 30 „ „ 12 „
Reiz. Vagusstamm 5 Centim. über dem Ganglion.
12 Sek. Reiz. 30½ Pls. in 12 Sek.
24 „ „ 31 „ „ 12 „
36 „ „ 32 „ „ 12 „
48 „ „ 29½ „ „ 12 „
60 „ „ 30 „ „ 12 „
12 „ nach „ 30 „ „ 12 „

Pause 78 Sekunden.
24 Sek. vor Reiz. 28 Pls. in 12 Sek.
12 „ „ „ 27 „ „ 12 „
Schwache Reizung des Ganglion.
18 Sek. lang.
12 Sek. Reiz. 32 Pls. in 12 Sek.
18 „ „ 17 „ „ 6 „
28 „ nach „ 25 „ „ 12 „
Pause 60 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 25 Pls. in 12 Sek.
12 „ „ „ 24½ „ „ 12 „
Reiz. ebenso. 33 Sek. lang.
12 Sek. Reiz. 27 Pls. in 12 Sek.
24 „ „ 31½ „ „ 12 „
30 „ „ 16 „ „ 6 „
12 „ nach „ 25 „ „ 12 „
Pause 174 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 23½ Pls. in 12 Sek.
12 „ „ „ 23½ „ „ 12 „
Reiz. des Ganglion sehr schwach.
54 Sekunden.
12 Sek. Reiz. 25½ Pls. in 12 Sek.
24 „ „ 26½ „ „ 12 „
36 „ „ 26 „ „ 12 „
48 „ „ 26 „ „ 12 „
12 „ nach „ 24 „ „ 12 „
Pause 130 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 23½ Pls.
12 „ „ „ 23 „
Starke Reiz. des Gangl.
18 Sekunden lang.
12 Sek. Reiz. 32½ Pls. in 12 Sek.
18 „ „ 16 „ „ 6 „
12 „ nach „ 27 „ „ 12 „
24 „ „ „ 28 „ „ 12 „
Pause 168 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 23½ Pls. in 12 Sek.
12 „ „ „ 24½ „ „ 12 „
Reiz. des Ganglion. 39 Sek. lang.
12 Sek. Reiz. 27 Pls. in 12 Sek.
24 „ „ 32½ „ „ 12 „

36 Sek. Reiz. 30½ Pls. in 12 Sek.
12 „ nach „ 27½ „ „ 12 „
24 „ „ „ 24 „ „ 12 „
Pause 108 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 24 Pls.
12 „ „ „ 24 „
Reiz. des Stammes 12 Sek. ohne Wirkung.

Pause 98 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 23 Pls.
12 „ „ „ 23½ „
Reiz. des Stammes stärker.
42 Sek.
12 Sek. Reiz. 23½ Pls.
24 „ „ 24 „
36 „ „ 23½ „

Noch 4 andere Reizungen des rechten Vagusstammes von verschiedener Stärke und von 30 bis 66 Sekunden Dauer gaben keine Wirkung zu erkennen.

Nach einiger Zeit Atropinisirung und Durchschneidung des linken Vagus.

24 Sek. vor Reiz. 22½ Plse.
12 „ „ „ 22½ „
Reiz. des rechten Gangl. 30 Sek.
12 Sek. Reiz. 29 Pls.
24 „ „ 35 „
12 „ nach „ 32½ „
24 „ „ „ 25 „
36 „ „ „ 24½ „
Nach einiger Zeit
24 Sek. vor Reiz. 23 Pls.
12 „ „ „ 24 „
Reizung des linken atropinis. Vagusstammes während 66 Sek.
36 Sek. Reiz. 25 Pls.
48 „ „ 31 „
60 „ „ 31 „
12 „ nach „ 31 „
36 „ „ „ 32 „

48 Sek. nach Reiz. 31 Pls.
72 „ „ „ 26 „
Pause 198 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 26 Pls.
12 „ „ „ 25 „
Reiz. des linken Stammes.
114 Sekunden.
48 Sek. Reiz. 25 Pls.
72 „ „ 30½ „
84 „ „ 31 „
24 „ nach „ 32 „
36 „ „ „ 32 „
48 „ „ „ 30 „
60 „ „ „ 30 „
72 „ „ „ 29 „
84 „ „ „ 28 „
96 „ „ „ 28 „
102 „ „ „ 26½ „

Hund (G. 90) seit 12 Tagen der rechte Vagus hoch am Halse vollständig durchschnitten (mit laryngeus) Curare. Künstl. Resp. Der linke Vagus seit 20 Minuten durchschnitten.

24 Sek. vor Reiz. 38 Pls.
12 „ „ „ 38 „
Starke Reizung des rechten Vagusstammes 5¾ Centim. über dem Ganglion.
12 Sek. Reiz. 38 Pls. } Reizungsdauer 42 Sek.
24 „ „ 38 „ }
36 „ „ 38½ „ }
12 „ nach „ 38 „
24 „ „ „ 38 „
Pause 156 Sek.

24 Sek. vor Reiz. 39 Pls.
12 „ „ „ 38½ „
Reiz. 3¾ Centim. über dem Ganglion.
12 Sek. Reiz. 38 Pls. } Reizungsdauer 54 Sek.
24 „ „ 38 „ }
40 „ „ 38 „ }
12 „ nach „ 38 „
24 „ „ „ 38½ „
Pause 108 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 38½ Pls.
12 „ „ „ 38½ „

Reiz. 2 Centim. über dem Ganglion
mit Schutz vor Stromschleifen
und unipolare Wirkung.

12 Sek.	Reiz. 38½ Pls.		Dauer 102 Sek.
24 „	„ 38 „		
78 „	„ 38 „		
90 „	„ 38½ „		

12 Sek. nach Reiz. 38½ Pls.
24 „ „ „ 38 „

Pause 114 Sek.

24 Sek.	vor Reiz.	39 Pls.	Press.	114
12 „	„ „	39 „	„	116

Reiz. des Ganglion medium mit Ansa Vieussenii.

12 Sek.	Reiz.	40½ Pls.	in 12 Sek.	Press.	160	Dauer 78 Sek.
24 „	„	55(?) „	„ 12 „	„	200	
36 „	„	46(?) „	„ 12 „	„	180	
42 „	„	26 „	„ 6 „			
60 „	„	49 „	„ 12 „			
72 „	„	49½ „	„ 12 „	„	180	
12 „ nach	„	47 „	„ 12 „	„	160	
24 „ „	„	46½ „	„ 12 „	„	140	
36 „ „	„	45 „	„ 12 „	„	140	
48 „ „	„	42½ „	„ 12 „			
60 „ „	„	41 „	„ 12 „			
72 „ „	„	39½ „	„ 12 „			

Seiner bedeutenden Schwankungen wegen ist hier zum Theil der Druck angegeben. Das Fragezeichen bedeutet, dass hier die Zahlen wegen Zitterns der sich erhebenden und senkenden Quecksilbersäule nicht ganz sicher sind.

Pause 216 Sek.

24 Sek. vor Reiz. 38½ Pls. Press. 110
12 „ „ „ 39 „ „ 110

Reiz. des Ganglion med. wie vorher.

12 Sek.	Reiz.	43 Pls.	Press.	164	Dauer 60 Sek.
24 „	„	46 „	„	160	
36 „	„	47 „	„	150	
48 „	„	47 „	„	144	
12 „ nach	„	49 „	„	130	
24 „ „	„	47 „	„	120	
36 „ „	„	44 „	„	120	
48 „ „	„	41 „			

Lange Pause. Atropin in die Vene.

24 Sek. vor Reiz. 35½ Pls.
12 „ „ „ 35½ „

Dann mehrfache Reizung des linken Vagus und seines mittleren Ganglions. Anfangs vom Stamm schwache Vermehrung von 35½ auf 39, dann hat weder Stamm noch Ganglion eine Wirkung, das Atropin hat sie vermuthlich rasch aufgehoben. Frühere Versuche hatten ergeben, dass das Atropin die Acceleratoren im linken Vagus schon unwirksam gemacht haben

kann, wenn die im rechten Vagus noch wirksam sind. Um diesen Satz auch hier zu prüfen, ging man jetzt mit der Reizung zum Gangl. medium des rechten Vagus zurück nach einer Pause von 828 Sekunden.

24 Sek. vor Reiz. 32 Pls.		12 Sek. nach Reiz. 41 Pls.
12 „ „ „ 33 „	Dauer 126 Sek. ohne bemerkenswerthe Druckschwankung.	24 „ „ „ 38½ „
12 „ „ „ 39 „		36 „ „ „ 36 „
24 „ „ „ 41 „		48 „ „ „ 33½ „
36 „ „ „ 41 „		60 „ „ „ 32 „
48 „ „ „ 42½ „		72 „ „ „ 32 „
60 „ „ „ 43 „		
112 „ „ „ 41 „		

Hund (G. 55) von mittlerer Grösse. Der rechte Vagus seit 3 Wochen durchschnitten.

48 Sek. vor Reiz. 47 Pls. in 12 Sek.
36 „ „ „ 45 „ „ 12 „
24 „ „ „ 47 „ „ 12 „
12 „ „ „ 48 „ „ 12 „

Reiz. des Vagus 5 Centim. über dem mittlern Ganglion.

1. 12 Sek. Reiz. 49 Pls.
2. 12 „ „ 50 „
3. 12 „ „ 49 „ } Dauer 36 Sek.
1. 12 „ nach „ 48½ Pls.
2. 12 „ „ „ 47 „

Pause 99 Sek.

15—3 Sek. vor Reiz. 48 Pls. in 12 Sek.

Reiz. 3 Centim. über dem Ganglion.

1. 12 Sek. Reiz. 48 Pls.
2. 12 „ „ 49(½?) „ } Dauer 36 Sek.
1. 12 „ nach „ 47½ „
2. 12 „ „ „ 46½ „

Pause 95 Sekunden.

12 Sek. vor der Reiz. 43½ Pls.

Reiz. 2 Centim. über dem Ganglion.

1. 12 Sek. Reiz. 43 Pls.
2. 12 „ „ 43 „ } Dauer 34 Sek.
12 „ nach „ 45½ „
24 „ „ „ 45½ „

Pause 60 Sek.

40 Sek. vor Reiz. 47 Pls.
28 „ „ „ 46 „
16 „ „ „ 44½ „

Reizung sehr nahe dem Ganglion.

12 Sek. Reiz. 38½ Pls.
24 „ „ 33 „ } Dauer 30 Sek.
12 „ nach „ 32 „

Pause lang. Atropin in der Vene.

24 Sek. vor Reiz. 42 Pls.
12 „ „ „ 42 „

Reiz. stark. 3½ Centim. über dem Ganglion.

1. 12 Sek. Reiz. 40 Pls.
2. 12 „ „ 39 „
3. 12 „ „ 38½ „ } Dauer 47 Sek.
12 „ nach „ 31½ „
24 „ „ „ 31 „

In den beiden letzten Reizungen war der Puls gerade in raschem Sinken begriffen, das durch die Reizung des Nervenstammes nicht aufgehalten wurde.

Pause 46 Sek.

12 Sek. vor Reiz. 30 Pls.

Starker Reiz ½ Centimeter über dem Gangl., wie schon der Nerv. recurrens.

1. 12 Sek. Reiz. 33 Pls.
2. 12 „ „ 40 „
3. 12 „ „ 42½ „ } Dauer 41 Sek.
1. 12 Sek. nach Reiz. 42½ Pls.
2. 12 „ „ „ 42 „
3. 12 „ „ „ 41 „
4. 12 „ „ „ 40½ „

Der Druck war bei Beginn der Reizung nur 60 mm Hg und fing sogleich nach Beginn zu steigen an. Langsam erreichte er 140 mm 8 Sek. nach Aufhören des Reizes, blieb so 30 Sekunden lang. Bei Beginn der folgenden Reizung war er 66 und 2 Sek. nach Beginn wieder 60.

Pause 66 Sek.

12 Sek. vor Reiz. $36^1/_2$ Pls.

Reiz. $1^1/_2$ Centim. über dem Ganglion.

1. 12 Sek. Reiz. 29 Pls.
2. 12 „ „ 28 „
1. 12 „ nach „ 27 „
2. 12 „ „ „ $26^1/_2$ „

Pause 48 Sek.

12 Sek. vor Reiz. 25 Pls.

Reiz. $1^1/_2$ Centim. über dem Ganglion.

1. 12 Sek. Reiz. 24 Pls } Dauer
2. 12 „ „ 24 „ } 30 Sek.
12 „ „ 24 „

Pause 186 Sek.

12 Sek. vor Reiz. $21^1/_2$ Pls.

Reiz. des Ganglion mit Ansa Vieuss. und Accelerat.

Dauer 48 Sek.

12 Sek. Reiz. Pls. 23 in 12 Sek.
24 „ „ „ $30^1/_2$ Druck 56
36 „ „ „ 42 „ 80
48 „ „ „ $44^1/_2$ „ 90
12 „ nach „ „ 44 „ 104
24 „ „ „ „ $42^1/_2$ „ 110

36 Sek. nach Reiz. Pls. $39^1/_2$ Druck 116
48 „ „ „ „ 37 „ 120
60 „ „ „ „ 37 „ 124
72 „ „ „ „ 35 „ 126

Neue Reiz. des Ganglion ohne weitere Pause.

12 Sek. Reiz. Pls. 36 Dr. 150 } Dauer
24 „ „ „ 38 „ 154 } 24 Sek.
12 „ nach „ „ $40^1/_2$ „ 160
24 „ „ „ „ 39 „ 154
36 „ „ „ „ 37 „ 158
48 „ „ „ „ 36 „ 154

Pause 186 Sek.

12 Sek. vor Reiz. $31^1/_2$ Pls. Druck 130.

Reizung des Ganglions.

12 Sek. Reiz. 32($^1/_2$?) Pls. Dr. 145
24 „ „ 37 „ „ 158
36 „ „ 39 „ „ 166
48 „ „ 41 „ „ 156
1. 12 „ nach „ 40 „ „ 160
2. 12 „ „ „ 38 „ „ 150
3. 12 „ „ „ $34^1/_2$ „ „ 142
4. 12 „ „ „ $32^1/_2$ „ „ 136
5. 12 „ „ „ $32^1/_2$ „ „ 133

Auch in diesem Versuche wird jetzt der Vagus der linken Seite ohne allen Erfolg gereizt. (Ob in Folge des Atropin?)

Eigenthümlich ist in gewisser Beziehung der folgende Versuch.

Hund (G. 113) vor 7 Tagen rechter Vagus hoch am Halse durchschnitten. Chloral Automat. Respiration.

24 Sek. vor Reiz. 29 Pls.
12 „ „ „ 28 „

Reizung des rechten Vagusstammes 6 Centim. über dem Ganglion.

12 Sek. Reiz. Pls. 28 } Dauer
24 „ „ „ 28 } 42 Sek.
42 „ „ „ 28 }
12 „ nach „ „ 28

Pause 84 Sek.

24 Sek. Reiz. Pls. 26
12 „ „ „ 26

Reizung stärker, 6 Centim. vom Ganglion.

12 Sek. Reiz. Pls. $26^1/_2$ } Dauer
24 „ „ „ 26 } 36 Sek.
36 „ „ „ $26^1/_2$ }
12 „ nach „ „ $26^1/_2$

Pause 90 Sek.

24 Sek. vor Reiz. Pls. 27
12 „ „ „ „ 27

Reizung mehr peripher.

12 Sek. Reiz. Pls. 27

24 Sek. Reiz. Pls. $27^1/_2$
36 „ „ „ 28
48 „ „ „ 27
12 „ nach „ „ 27

Pause 90 Sek.

24 Sek. vor Reiz. Pls. 28
12 „ „ „ „ 28

Reiz. 2 Centim. vom Ganglion.

12 Sek. Reiz. 29 Pls. (Dauer 48 Sek.)
24 „ „ 30 „
36 „ „ 30 „
48 „ „ 30 „
12 „ nach „ $29^1/_2$ „
24 „ „ „ 28 „

Pause 126 Sek.

24 Sek. vor Reiz. $27^1/_2$ Pls.
12 „ „ „ 27 „

Reiz. 4 Centim. über dem Ganglion.

12 Sek. Reiz. 27 Pls. (Dauer 66 Sek.)
24 „ „ 27 „
36 „ „ 27 „
66 „ „ 27 „
12 „ nach „ 27 „

Pause 114 Sek.

24 Sek. vor Reiz. 26 Pls.
12 „ „ „ $26^1/_2$ „

Reiz. maximal 6 Centim. über dem Ganglion.

12 Sek. Reiz. 26 Pls. (Dauer 48 Sek.)
24 „ „ $26^1/_2$ „
48 „ „ 26 „
12 „ nach „ $26^1/_2$ „
24 „ „ „ 26 „

Pause 270 Sek.

24 Sek. vor Reiz. $25^1/_2$ Pls.
12 „ „ „ 26 „

Reiz. maximal 4 Centim. vom Ganglion.

12 Sek. Reiz. 25 Pls. (Dauer 60 Sek.)
24 „ „ $24^1/_2$ „
36 „ „ ? „
36 „ nach „ 23 „

Pause 258 Sek.

24 Sek. vor Reiz. 23 Pls.
12 „ „ „ $23^1/_2$ „

Reiz. 6 Centim. vom Ganglion.

12 Sek. Reiz. 23 Pls. (Dauer 108 Sek.)
24 „ „ 23 „
36 „ „ $23^1/_2$ „
108 „ „ 23 „
12 „ nach „ 23 „

Pause 204 Sek.

24 Sek. vor Reiz. $17^1/_2$ Pls.
12 „ „ „ 18 „

Reiz. des Ganglion stark mit Schutz vor unipolar.

12 Sek. Reiz. 35 Pls. in 12 Sek. (Dauer 18 Sek.)
18 „ „ 19 „ „ 6 „
12 „ nach Reiz. 38 Pls. in 12 Sek.
24 „ „ „ 31 „ „ 12 „
36 „ „ „ 25 „ „ 12 „
48 „ „ „ 24 „ „ 12 „
60 „ „ „ 24 „ „ 12 „
72 „ „ „ $23^1/_2$ „ „ 12 „
84 „ „ „ 21 „ „ 12 „

Pause lang, nicht bestimmt.

24 Sek. vor Reiz. 19 Pls. in 12 Sek.
12 „ „ „ 19 „ „ 12 „

Reiz. des Ganglion, stark.

12 Sek. Reiz. 41 Pls. (Dauer 36 Sek.)
24 „ „ 37 „
36 „ „ 29 „
12 „ nach „ $20^1/_2$ „
24 „ „ „ $25^1/_2$! „
36 „ „ „ 33! „
48 „ „ „ $29^1/_2$! „
60 „ „ „ 26 „
72 „ „ „ 24 „
84 „ „ „ $24^1/_2$ „

Pause 258 Sek.

24 Sek. vor Reiz. $18^1/_2$ Pls.
12 „ „ „ 19 „

Reiz. des Stammes 1 Centim. vom Ganglion mit Schutz vor unipolar.

12 Sek. Reiz. $21^1/_2$ Pls. (Dauer 72 Sek.)
24 „ „ $23^1/_2$ „
36 „ „ 24 „
72 „ „ 21 „
12 „ nach „ 19 „
24 „ „ „ 18 „

Hier ist in der **Nachwirkung** der vorletzten Reizung eine neue Beschleunigungswelle, dies ist selten. Wir haben es nur bis jetzt in 4 Fällen gesehen, d. h. bei zwei Hunden, von denen ein jeder es 2 Mal zeigte.

Wir könnten noch mehr solche Versuche aufführen, aber diese Beispiele mögen genügen. Wir wollen hier nur noch als eines Varianten in den Nebenbedingungen des Versuchs den Hund (Fl. 731) anführen, bei welchem kein Curare aber am Anfang eine genügende Dosis Chloral eingespritzt wurde (in die Jugularvene), um den Schmerz bei Bloslegung des mittleren Ganglions und seiner Aeste zu betäuben. Seit 7 Tagen war der rechte Vagosympath. durchschnitten, die Reizungen des Vagusstammes, die langsam und in der Stärke wechselnd bis zum Ganglion hinschritten, ergaben keinen Einfluss auf den Herzschlag, nahmen aber so viele Zeit in Anspruch, dass der Hund nahezu erwacht war, als man das Ganglion reizte. Die dabei eintretende Veränderung in der Respiration scheint anzudeuten, dass er die Reizung fühlte. Der Druck schwankte während des ganzen Versuches auf und ab. Reizung der Substanz des Ganglion brachte die Frequenz von 34 auf 40. Man kehrte zum untersten Theil des Halsstammes zurück, den Strom verstärkend. Die Respiration wurde ebenso verändert, aber die Frequenz blieb 33.

Dann Reizung, eine Elektrode am Ganglion, die andere am Annulus Vieussenii, brachte den Puls von 32 auf 48. Sogleich nach Aufhören der Reizung 48 und 39 in 2 Perioden von 12 Sekunden. Dieser Versuch ist nahe zu einem solchen am nicht betäubten Thiere äquivalent.

Versuchsreihe B.

Hund (G. 114) am 7. Tage nach einfacher Durchschneidung des rechten Vagus am Halse. Laryngei erhalten. Nach den gewöhnlichen Vorbereitungen (Durchschneiden des linken Vagus und recurr. Präparation des Ganglion, Curare, kein Chloral) wird das Gleichbleiben des Herzschlags abgewartet, derselbe war mehrmals vor der Reizung 35 in 12 Sek.

Reiz. des rechten Vagus $4^1/_2$ Centim. über dem Ganglion med.

6	Sek.	nach	Beginn	44	Pls.	in	12	Sek. } Dauer 42 Sek.
18	„	„	„	45	„	„	12	„ }
30	„	„	„	44	„	„	12	„ }
6	„	„	Reiz.	20	„	„	6	„
12	„	„	„	17	„	„	6	„
156	„	„	„	33	„	„	12	„

Pause 246 Sek.

Neue Reiz. derselben Stelle mit Parunipolar. Vorrichtung zwischen Reizstelle und Ganglion, und letzteres mit Stromschleifenwächtern.

Vor der Reizung 33 Pls.
6 Sek. Reiz. 36 „
18 „ „ 36 „
12 „ nach „ 32$^1/_2$ „
24 „ „ „ 32$^1/_2$ „
48 „ „ „ 30 „

Lange Pause.

80 Sek. vor der Reiz. 32 Pls.
12 „ „ „ „ 31 „

Reiz. 1 Centim. über dem Ganglion mit Parunipolar.

12 Sek. Reiz. 37 Pls.
24 „ „ 39 „
18 „ nach „ 31 „
30 „ „ „ 31$^1/_2$ „
42 „ „ „ 31$^1/_2$ „

Pause 99 Sek.

Reiz. verstärkt, 2 Centim. über dem Gangl. Parunipolare.

12 Sek. vor Reiz. 31 Pls. } Dauer
12 „ „ „ 42 „ } 24 Sek.
24 „ „ „ 44 „ }
12 „ nach „ 37 „
24 „ „ „ 31 „

Pause 102 Sek.

Reiz. 4 Centim. über dem Ganglion mit denselben Einrichtungen.

24 Sek. vor Reiz. 30 Pls.
12 „ „ „ 30 „
12 „ „ 32 „
24 „ „ 35 „
36 „ „ 31 „
12 „ nach „ 30 „

Pause 50 Sek.

Reizung stärker, 3 Centim. über dem Ganglion.

12 Sek. vor Reiz. 29$^1/_2$ Pls.
12 „ „ 49 „ Dauer
12 „ nach „ 50 „ 18 Sek.
24 Sek. nach Reiz. 45 Pls.
36 „ „ „ 34 „
48 „ „ „ 33$^1/_2$ „
60 „ „ „ 31$^1/_2$ „

Pause 162 Sek.

Reiz. des mittleren Ganglion mit seinen Aesten.

12 Sek. vor Reiz. 27$^1/_2$ Pls. in 12 Sek.
12 „ „ 45$^1/_2$ „ „ 12 „
18 „ „ 25 „ „ 6 „
12 „ nach „ 47 „ „ 12 „
24 „ „ „ 40 „ „ 12 „
36 „ „ „ 33$^1/_2$ „ „ 12 „
48 „ „ „ 29$^1/_2$ „ „ 12 „

Lange Pause für andere Versuche.
Curare und Atropin in der Vene.
Nach 900 Sek. Reiz. des Stammes 3 Centim. über dem Ganglion mit Parunipolar.

12 Sek. vor Reiz. 24$^1/_2$ Pls.
12 „ „ 27 „
24 „ „ 29 „ in 12 Sek.
36 „ „ 30 „ „ 12 „
48 „ „ 30 „ „ 12 „
60 „ „ 29$^1/_2$ „ „ 12 „
72 „ „ 26$^1/_2$ „ „ 12 „
84 „ „ 25 „ „ 12 „
12 „ nach „ 24 „ „ 12 „
24 „ „ „ 23 „ „ 12 „
36 „ „ „ 23 „ „ 12 „

Pause 81 Sek.

Strom stärker, Reiz. wie die vorige.

12 Sek. vor Reiz. 23 Pls. in 12 Sek.
12 „ „ 25$^1/_2$ „ „ 12 „
24 „ „ 26 „ „ 12 „
36 „ „ 26 „ „ 12 „
48 „ „ 24 „ „ 12 „
30 „ nach „ 23$^1/_2$ „

Pause 124 Sek.

Reizung des linken Vagus. 3 Centim. über dem Ganglion. Parunipol.

12 Sek. vor Reiz. 23 Pls.
12 „ „ 27 „
24 „ „ 26$^1/_2$ „

36 Sek.		Reiz. 26	Pls.		
48 „		„ 26	„		
60 Sek.		Reiz. 25	Pls.		
24 „	nach	„ 23	„		

Also die stärkste Vermehrung wäre hier durch Reizung des Stammes des durchschnittenen Vagus, auf die Minute berechnet von plus 105 Schlägen auf 147 Schläge vor der Reizung. Diesen bedeutenden Effekt hat die Reizung 3 Centimeter über dem Ganglion, die unmittelbar der Reizung des Ganglion vorhergeht. Man sieht, dass hier die Durchschneidung, indem sie die Hemmungsfasern ertödtet, erst recht die Wirkung der im Vagus enthaltenen Beschleuniger hervortreten lässt, und dieselben stärkeren Reizen zugänglich macht. An der Schnittstelle des rechten Vagus keine Spur von Wiedervereinigung.

Hund (G. 65), dem seit 20 Tagen der rechte Vagus am Halse vollständig durchschnitten. Erst schwächere, dann im Verlauf des Versuches stärkere Curarisation. Chloralisation bei der Präparation des Ganglions. Durchschneidung des linken Vagus unmittelbar vor dem Versuch. Die Reizung, ein ziemlich starker Inductionsstrom mit Parunipolare am Nervenstamm rückt allmählich am Nervenstamm gegen das Ganglion, so dass bei gleicher Stärke jede Reizung einige Centimeter weiter gegen die Peripherie verschoben ist, als die vorhergehende.

Erste Reizung 95 mm vom Ganglion.

24 Sek. vor Reiz. $25^1/_2$ Pls. in 12 Sek.
12 „ „ „ $25^1/_2$ „ „ 12 „

Irritat. 34 Sekunden.

12 Sek. Reiz. 29 Pls. in 12 Sek.
24 „ „ $29^1/_2$ „ „ 12 „
30 „ „ 15 „ „ 6 „
24 „ nach „ 30 „ „ 12 „
36 „ „ „ 29 „ „ 12 „
48 „ „ „ 30 „ „ 12 „

Reizung vor 20 Sek. an derselben Stelle.

12 Sek. Reiz. 31 Pls. in 12 Sek.
12 „ nach „ 32 „ „ 12 „
24 „ „ „ 32 „

Pause 42 Sek.

24 Sek. vor Reiz. 30 Pls.
12 „ „ „ 30 „

Reiz. tiefer, 30 Sek. lang.

12 Sek. Reiz. 30 Pls.
24 „ „ 33 „
12 „ nach „ 29 „
24 „ „ „ 30 „
36 „ „ „ 29 „

Pause 93 Sek.

24 Sek. vor Reiz. 28 Pls.
12 „ „ „ 29 „

Reiz. von 63 Sek.

12 Sek. Reiz. 28 Pls.
24 „ „ 33 „
36 „ „ 29 „ mit 4 Intermissionen.
48 „ „ $31^1/_2$ „
12 „ nach „ 31 „
24 „ „ „ 31 „
36 „ „ „ $28^1/_2$ „

Pause von 150 Sek. mit vielen Intermissionen.

24 Sek. vor Reiz. 28 Pls. mit 2 Intermiss. = 30.
12 „ „ „ 28 „ „ 2 „ = 30.

Reizung von 60 Sekunden.

12 Sek. Reiz. 20 Pls. mit 12 Intermiss. = 32
24 „ „ $31^1/_2$ „ „ 1 „ = $32^1/_2$
36 „ „ 32 „ ohne „

60 Sek. Reiz. 32 Pls. ohne Intermiss.
12 „ nach „ 30½ „ „ „
24 „ „ „ 29½ „ „ „

Pause von 120 Sek. mit 2 Intermissionen.
24 Sek. vor Reiz. 29 Pls.
12 „ „ „ 29 „
Reiz. von 51 Sek.
12 Sek. Reiz. 32 Pls.
24 „ „ 33½ „
48 „ „ 32 „
12 „ nach „ 31 „
24 „ „ „ 30½ „

Pause von 240 Sek. (ohne Interm.)
36 Sek. vor Reiz. 30½ Pls.
24 „ „ „ 31½ „
12 „ „ „ 30½ „ mit 1 Interm.
Reizung 54 Sek.
12 Sek. Reiz. 35 Pls.
24 „ „ 24 „ mit 9 Interm.
36 „ „ 35 „ (Von nun an
50 „ „ 34½ „ hören alle Intermiss. auf.)
12 „ nach „ 35 „
24 „ „ „ 31½ „
36 „ „ „ 31 „
48 „ „ „ 31 „

Pause 250 Sek. Anfangs einzelne Zuckungen. In der 90. Sek. 2te Curarisation.
12 Sek. vor Reiz. 28 Pls.
24 „ „ „ 28½ „
Reizung von 42 Sek.
12 Sek. Reiz. 30 Pls.
24 „ „ 30½ „
36 „ „ 31½ „
12 „ nach „ 30 „
24 „ „ „ 30½ „
36 „ „ „ 28 „
48 „ „ „ 28½ „
60 „ „ „ 30 „

Pause von 198 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 32 Pls.
12 „ „ „ 31 „
Reizung des Ganglion circa 36 Sek.
12 Sek. Reiz. 32½ Pls.
24 „ „ 42½ „
36 „ „ 41½ „
12 „ nach „ 40 „
24 „ „ „ 37 „
36 „ „ „ 35½ „
48 „ „ „ 35½ „
60 „ „ „ 32 „

Pause von 228 Sek.
12 Sek. vor Reiz. 34 Pls.
Reiz. 15 mm über dem Ganglion am Vagusstamm.
12 Sek. Reiz. 35 Pls.
24 „ „ 35 „
60 „ „ 35 „
12 „ nach „ 34½ „
24 „ „ „ 34 „

Nach sehr langer Unterbrechung mit beständiger Aufzeichnung der Pulse wird der rechte Vagus noch einmal 35 mm über dem Ganglion gereizt ohne Effekt. Dann reizt man das Ganglion und der Puls steigt rasch von 30 auf 37 in 12 Sekunden.

In diesem Versuche ist die Vermehrung durch Reizung des Vagus über dem Ganglion so gering, dass man an ihrer Existenz fast zweifeln könnte. Doch wird sie in der Nähe des Ganglion so merklich, dass der Versuch füglich dieser Reihe einverleibt werden darf, besonders da in den wohl überwachten Pausen keine oder nur unmerkliche Schwankungen der Frequenz vorkommen.

Die Untersuchung der Trennungsstelle ergibt, dass vom peripheren Schnittende zwar 2 Fäden sich an die Arterie heftend bis in die Nähe des centralen Stumpfes verlaufen, aber das Mikroskop zeigt in diesen Fäden kein Nervengewebe.

Ueber die in diesem Versuche während einer bestimmten Periode beobachteten sogen. Intermissionen werde ich später zu sprechen Gelegenheit haben. Hier nur die Bemerkung, dass die Curve in diesem Falle mit dem Fick-Bourdon'schen Federmanometer aufgeschrieben wurde und dennoch traten die Intermittenzen und der ganze sogen. arhythmische Charakter dieser Periode gerade oder beinahe ebenso hervor, wie beim Quecksilbermanometer. Dies zur Ergänzung der früher in diesem Archiv veröffentlichten Beobachtungen von Heidenhain über die Arhythmie. Ich habe aber ferner durch gleichzeitige Benutzung des Manometers und des Mosso'schen Pletysmographen als Sphygmoskopen gesehen, dass in allen Fällen, wo die scheinbare Arhythmie entweder spontan oder durch hohen Druck hervortrat, die Frequenz des Pulses und dessen regelmässige Wiederkehr keine wahre Unterbrechung erleidet. Der scheinbar fehlende Puls ist nur sehr schwach, so dass er am Manometer nicht hervortritt, weil der Zug nach unten die Schwankung überwindet. Der in den Glascylinder eingeschlossene Arm des Hundes zeichnet aber an die Stelle der Lücke nicht nur sehr schön den schwächer gewordenen Puls, sondern lässt auch hier sehr klar dessen Dikrotismus erkennen. Das Kautschoucsphygmoskop habe ich in dieser Beziehung noch nicht geprüft. Wenn ich recht berichtet bin, so hat schon früher Knoll behauptet, dass die sogen. Arhythmie keine Arhythmie sei und nach den eben erwähnten Versuchen mit den zwei simultanen Pulscurven muss ich ihm hierin beistimmen.

Im vorliegenden Versuch war die intermittirende Auslöschung des Manometerpulses nicht durch hohen Druck hervorgebracht. Derselbe war mässig, und weder vor noch nach der Auslöschungsperiode im Allgemeinen höher oder tiefer als während derselben. Die künstliche Arhythmie durch intermittirende schwache Reizung des Vagus oder durch manche Gifte und diejenige, welche manchmal bei Fröschen nach dem Tode oder im Sterben auftritt, wird natürlich durch meine obige Bemerkung nicht berührt. Sie ist wirkliche Arhythmie.

Hund (G. 117) am 9. Tage nach Durchschneidung des Hauptstammes

des rechten Vagosympath. Recurrens erhalten, sowie die Laryngei superiores. Das Gangl. medium und der Anfang seiner Verzweigungen unter Chloral präparirt. Dann Curare. Parunipolare an dem Halsstamm zwischen Reizstelle und Ganglion. Auf Letzterem Stromschleifenwächter. Der linke Vagus durchschnitten und dann gleichförmiger Puls abgewartet.

Reiz. 2 Centim. über dem Ganglion.

Vor Reiz. 36 Pls. in 12 Sek.
35 " " 12 "

Reiz. sehr schwach.

12 Sek. Reiz. 36 Pls.
24 " " 35 "
36 " " 35 "

Reizung stärker.

12 Sek. Reiz. 40 Pls.
24 " " 45 "
36 " " 38 "

Lange Pause.

12 Sek. vor Reiz. 40 Pls.
24 " " " 39 "

Reizung wie die letzte.

12 Sek. Reiz. 49 Pls.
24 " " 49 "
36 " " 47 "
48 " " 46 "
12 " nach " 44 "

Pause 102 Sek.

24 Sek. vor Reiz. 42½ Pls.
12 " " " 41½ "

Reizung wie oben.

24 Sek. Reiz. 46 Pls.
36 " " 47 "
48 " " 46 "
60 " " 46 "
72 " " 45 "
12 " nach " 43 "

Pause 534 Sek.

36 Sek. vor Reiz. 41 Pls.
24 " " " 41 "
12 " " " 40 "

Reiz. 1 Centim. vom Ganglion.

12 Sek. Reiz. 49 Pls. in 12 Sek.
24 Sek. Reiz. 44 Pls. in 12 Sek.
36 " " 49½ " " 12 "
48 " " 45 " " 12 "
64 " " 46 " " 12 "
12 " nach " 41 " " 12 "

Pause 162 Sek.

12 Sek. vor Reiz. 40 Pls.

Reiz. des oberen Theils des Ganglions.

12 Sek. Reiz. 40 Pls. in 12 Sek.
24 " " 44 " " 12 "
36 " " 46 " " 12 "
48 " " 43 " " 12 "
60 " " 48 " " 12 "
72 " " 45 " " 12 "
120 " " 45 " " 12 "
12 " nach " 41 "
24 " " " 41 "

Lange Pause.

24 Sek. vor Reiz. 40 Pls.
12 " " " 40 "

Reiz. des Ganglion, hinteres Ende.

12 Sek. Reiz. 43 Pls.
24 " " 54 "
36 " " 51 "
48 " " 52 "
12 " nach " 45 "
24 " " " 42 "

Pause 126 Sek.

24 Sek. vor Reiz. 40 Pls.

Reiz. des Ganglion.

18 Sek. Reiz. 50 Pls. in 12 Sek.
30 " " 53 "
42 " " 54 "
58 " " 51 "
12 " nach " 43 "

Hund (G. 11) 4 Wochen nach vollständiger Durchschneidung (Resektion) des rechten Vagus in der Höhe des ersten Luftröhrenknorpels. Er wird curarisirt. Die künstliche Respiration wird vor Präparation des Gang-

lion medium und seiner Ausläufer mit Aether gemacht. Der linke Vagusstamm einfach durchschnitten, so dass die Laryngei erhalten bleiben. Dann wird Luft respirirt und die Reizung von oben am peripheren Vagusstumpfe (der vom centralen ganz absteht) bei jeder Reizung immer mehr gegen das Ganglion vorschreitend, vorgenommen.

24 Sek. vor Reiz. 37 Pls. in 12 Sek.
12 „ „ „ 37 „ „ 12 „
Reizung Stamm, Dauer 37 Sek.
12 Sek. Reiz. 38 Pls.
24 „ „ 39 „
12 „ nach „ $37\frac{1}{2}$ „
24 „ „ „ 38 „
36 „ „ „ 38 „
48 „ „ „ $38\frac{1}{2}$ „
60 „ „ „ 38 „
Ohne weitere Pause neue Reiz. von 42 Sek.
12 Sek. Reiz. $41\frac{1}{2}$ Pls.
24 „ „ 41 „
36 „ „ 41 „
12 „ nach „ 39 „
24 „ „ „ 38 „
Pause 60 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 39 Pls.
12 „ „ „ 39 „
Reiz. tiefer, 47 Sek.
42 Sek. Reiz. 40 Pls.
12 „ nach „ 39 „
24 „ „ „ 38 „
Pause 78 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 39 Pls.
12 „ „ „ 38 „
Reizung 48 Sek.
12 Sek. Reiz. 42 Pls.
24 „ „ 46 „
36 „ „ 47 „
48 „ „ 46 „
12 „ nach „ 44 „
24 „ „ „ 41 „
36 „ „ „ ? „
48 „ „ „ 39 „
Pause 114 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 38 Pls.
12 „ „ „ 37 „
Reizung 48 Sek.
12 Sek. Reiz. 38 Pls.
24 „ „ 40 „
36 „ „ 40 „
12 „ nach „ 38 „
24 „ „ „ 38 „
Pause 234 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 39 Pls.
12 „ „ „ 39 „
Reiz. sehr nahe d. Gangl. Dauer 21 Sek.
12 Sek. Reiz. 44 Pls.
18 „ nach „ 44 „
30 „ „ „ 41 „
42 „ „ „ 40 „
54 „ „ „ 38 „ in 12 Sek.

Nach einer Pause von mehreren Minuten wird schnelle Beendigung des Versuchs geboten.

Freq. 38. Druck 118.

Ein flacher spitzer Pfriem trennt hoch oben die Medulla oblong.

Freq. 54. Druck 290.

und dann 84 Sekunden später

Frequenz 52. Druck 260.

136 Sekunden später

Frequenz 46. Druck 220.

Nun kommen bei demselben Druck bald grosse Pulse des Quecksilbermanom. 19 in 12 Sek. (Wahrscheinlich 38 Pulse in 12 Sek.)

Der linke recurrens wird durchschnitten.

Dann starke wiederholte mechan. Reizungen erst der med. oblong. unter dem Schnitt und dann des Cervikalmarkes. Der Druck steigt dabei bis 242 mm, aber die Frequenz bleibt absolut unverändert.

Hund (Fl. 881) seit 5 Wochen der rechte Vagussymp. vollständig am Halse resezirt. Curare Anfangs künstlich. Respiration mit Aether, dann mit gewöhnlicher Luft. Ganglion präparirt. Dasselbe liegt nicht frei genug, ist aber für die Elektroden erreichbar. Durchschneidung des linken Vagus. Bei dieser Beobachtung ist der Puls mit den Cautschoucsphygmographen aufgeschrieben und der Druck nur annähernd mehr und weniger bestimmbar. Druckschwankungen sind übrigens nur bei Reizung des Ganglion vorhanden, wo der Druck, vielleicht durch Stromschleifen rasch in die Höhe geht.

$^{1}/_{2}$ Stunde nach Durchschn. des linken Vagus Druck im Abnehmen.

36 Sek. vor Reiz. $29^{1}/_{2}$ Pls.
24 „ „ „ 29 „
12 „ „ „ $29^{1}/_{2}$ „

Reizung des rechten Vagus $4^{1}/_{2}$ cm über d. Gangl.

12 Sek. Reiz. 31 Pls.
24 „ „ 38 „
36 „ „ 42 „
48 „ „ 42 „
(Dauer 52 Sek.)
12 „ nach „ 42 „
24 „ „ „ 37 „
36 „ „ „ 32 „
48 „ „ „ 31 „

Pause unbestimmt.

Der Puls 13 Mal gezählt zwischen $30^{1}/_{2}$ und $31^{1}/_{2}$.

48 Sek. vor Reiz. 31 Pls.
36 „ „ „ 31 „
24 „ „ „ 31 „

Reizung 3 cm über d. Gangl. mit Stromschleifenwächter.

12 Sek. Reiz. 31 Pls.
24 „ „ 33 „
36 „ „ 44 „
48 „ „ 44 „
60 „ „ 45 „
(Dauer 64 Sek.)
12 „ nach „ 42 „
24 „ „ „ 40 „
36 „ „ „ 33 „

48 Sek. nach Reiz. 31 Pls.

Pause 60 Sek.

12 Sek. vor Reiz. $31^{1}/_{2}$ Sek.

Reizung 1 cm v. Ganglion.

12 Sek. Reiz. $31^{1}/_{2}$ Pls.
24 „ „ $32^{1}/_{2}$ „
36 „ „ 40 „
48 „ „ 42 „
(Dauer 52 Sek.)
12 „ nach „ 43 „
24 „ „ „ 37 „
36 „ „ „ 33 „
48 „ „ „ 31 „

Pause 175 Sek.

(auch hier die Pulse der Pause nur zum Theil aufgeschrieben.)

22 Sek. vor Reiz. 30 Pls.
12 „ „ „ 30 „

Reizung des Ganglion.

(Zittern in den Brustmuskeln. Stromschleifen?)

12 Sek. Reiz. 31 Pls.
24 „ „ 38 „
36 „ „ 47 „
48 „ „ $46^{1}/_{2}$ „
(Dauer 56 Sek.)
12 „ nach „ 43 „
24 „ „ „ $39^{1}/_{2}$ „
36 „ „ „ 33 „
48 „ „ „ 31 „

Darauf später nochmal Reizung des Ganglion mit Vermehrung von 30 auf $48^{1}/_{2}$.

Dann Reizung und Zerstörung der med. oblong. und des Cervikalmarkes in mehreren Absätzen. Es kommt bedeutende Erhöhung des Druckes, aber nie eine Aenderung der Frequenz. Das peripherische Schnittende des Nerven ist der Artherie angelöthet, doch so, dass es sich leicht trennen lässt. Ein Zellgewebsstreifen geht gegen das centrale Ende. Im Streifen keine Nervenfasern. Kehlkopfmuskeln der rechten Seite blass und atrophisch. Auch der Nervenstamm (peripher. Stumpf) ist mikroskopisch untersucht worden. Sein eigentlicher Vagustheil zeigt ein dickeres Bündel, in welchem alle Nervenfasern in weit vorgeschrittener Degeneration begriffen sind.

Es ist dieser Versuch überhaupt der erste, an dem es mir geglückt ist, wahrzunehmen, dass der seit lange durchschnittene Vagusstamm noch erregend auf den Herzschlag wirken kann. Im Andenken an das Erstaunen, mit dem mich damals diese unerwartete Thatsache erfüllte, theile ich den Versuch hier mit, obschon er noch mittelst der älteren Methode mit Tinte auf weissem Papier und nicht ganz vollständig aufgeschrieben ist. Ich hatte den Versuch ursprünglich zu anderem Zwecke angestellt und die ersten Reizungen, die ich machte und einige andere, zwischen der hier ersten und zweiten nicht aufgeschrieben, sondern nur abgezählt.

Nach diesem Versuche musste ich lange vergeblich warten, bis mir die anderen dieser Categorie gelangen. Dies lag allerdings zum grössten Theil an den Lokalverhältnissen, welche mir in Genf, erst nach Einrichtung eines neuen Laboratiums, die Versuche regelmässig fortzusetzen erlaubten.

Um nicht allzulange Zahlenreihen zu häufen, habe ich im Vorhergehenden nur einzelne Typen der zu dieser Categorie gehörigen Versuche mitgetheilt. Man kann sich aber denken, dass bei dem grossen Interesse, welches dieselben darbieten, ich es nicht bei diesen wenigen Beispielen bewenden liess. Lange Zeit hindurch wurden meine Thierbehälter nicht frei von Hunden, denen die einfache Operation einseitiger Vagusdurchschneidung gemacht war, weil ich stets hoffte noch andere zu finden, die trotz der Durchschneidung und der Degeneration des peripheren Stumpfes in dem letzteren den beschleunigenden Einfluss auf das Herz erhalten zeigten. Da die Hemmungsfasern stets vollständig desorganisirt waren (am 5. Tage nach der Durchschneidung trifft man nur ausnahmsweise noch eine rudimentäre Spur von Hemmung), so konnte sich erst jetzt zeigen, in welch ausgedehntem Maasse selbst dem gemischten Halsstamm des Vagus ein Einfluss zukommt, der ihm früher von manchen hochgeachteten Forschern beharrlich abgesprochen werden konnte, und um dessen Existenz einst ein leidenschaftlicher Kampf die Gemüther erhitzt hatte. Dürfen wir hoffen, dass jetzt endlich dieser Kampf zu Ende gekämpft ist?

Wer die Zähigheit des Irrthums kennt, wird mit mir zweifeln, aber nicht verzweifeln.

Schon früher hat man mehrfach versucht, die erregenden (beschleunigenden) Fasern des Vagus zu reizen und dessen hemmende Einwirkung dabei auszuschliessen, noch öfter hat man dies gethan, ohne sich der theoretischen Forderung genau bewusst zu sein. Sehen wir hier ab von der Anwendung äusserst schwacher Reize, wie ich sie bereits vor 30 Jahren anwendete, welche, ohne noch die hemmenden Fasern zu reizen, die Erreger im Nerven in deutlicher obwohl schwacher Weise bethätigen. Diese Versuche habe ich damals und später in grosser Anzahl an Fröschen und Säugethieren mit durchschnittenem Vagus angestellt und Moleschott ist es einige Jahre darauf gelungen, sie nach derselben Methode zu bestätigen. Die grösste Schwierigkeit bildet hier die Wahl der Stromstärke.

Wundt und Schelske ist es später (Verhandl. d. naturhistor. Vereins in Heidelberg 1859) gelungen, bei Fröschen durch Einwirkung des Curare die störende Wirkung der Hemmungsfasern zu beseitigen, oder, wie die Verfasser selbst damals glaubten, umzukehren und durch stärkere Reizung Vermehrung der Pulsfrequenz zu erlangen, die innerhalb weiter Gränzen mit der Intensität der Reizung gleichen Schritt hielt. In einer vom Dezember 1865 datirten und in Moleschott's Zeitschrift gedruckten Abhandlung: „Kritisches und Polemisches zur Physiologie des Nervensystems" habe ich bereits diese Versuche von Wundt und Schelske besprochen und gezeigt, dass besonders günstige Verhältnisse und besonders ein glückliches Erhaschen des richtigen Zeitpunktes zu einer bestätigenden Wiederholung desselben gehören. Ich habe ferner ausdrücklich erwähnt (l. c. pg. 43), dass es mir an zwei Kaninchen geglückt ist, den Vagus für einige Zeit nach der Curarevergiftung in der Stimmung zu finden, dass Ströme, welche einen Muskel des Thieres stark tetanisirten, durch den durchschnittenen und mittelst Luft isolirten linken Vagus geleitet, den Herzschlag schnell und für die ganze Zeit der Reizung vermehrten. Der Versuch konnte in diesen zwei Fällen mehrmals wiederholt werden.

Ich habe es bei dieser Gelegenheit Wundt und Schelske vorausgesagt, dass man ihre Versuche todtschweigen würde, und das hat denn auch die gute deutsche Presse reichlich 15 Jahre lang gethan, und hätte es gerne noch länger fortgesetzt, wenn nicht

seitdem „paradoxe Nervenwirkungen“ zu einem Modeartikel geworden wären.

In demselben Jahre 1859 theilte Schelske eine andere Untersuchung mit „über den Einfluss der Wärme auf das Herz“. Er findet, dass, wenn man ein Herz präparirt mit anhängenden Vagis, von den Centren isolirt (man stecke einem solchen Präparat ein Stück Holz in den Oesophagus und es heisst dann heute kurz ein Coats'sches) in einem warmen Raum von 36° hängt, durch dessen Decke Poldräthe eines Inductionsapparates zum Vagus laufen, das Herz bald stille steht und dann auf jede momentane Erregung mit einer Contraction antwortet. Jede länger anhaltende Erregung aber erzeugt ein Wühlen, ein Hin- und Herwogen des Herzens, das so lange dauert, wie die Reizung selbst. E. E. Hoffmann (Beiträge zur Anatomie des Vagus bei Fischen. Giessen 1860, pg. 29) hat diese Versuche von Schelske mit gleichbedeutendem, wenn auch nicht stets absolut gleichem Erfolge unter dem Einflusse von Eckhard wiederholt, und meine Erfahrungen an Fröschen (Kritisches und Polemisches pg. 44) stehen bestätigend und vermittelnd zwischen denen von Schelske und Hoffmann. Versuche aus jüngster Zeit (Accad. dei Lincei 1877) haben mir gezeigt, dass wenn man Kaninchen längere Zeit in einer Temp. von 37—38 Graden gründlich durchwärmen lässt, die hemmende Thätigkeit der Vagi bis auf eine geringe Spur verschwindet, und es ist bei diesen Thieren sehr leicht, durch Vagusreizung den Herzschlag zu vermehren.

In andern zahlreichen Versuchen hat man durch Gifte den Vagus und seine Ausbreitung im Herzen ihres hemmenden Einflusses beraubt, während der erregende Einfluss des Nerven noch mehr oder weniger abgeschwächt fortbestand. Unter den Giften, welche die Hemmungsnerven lähmen, steht das Atropin obenan. In den „Bemerkungen über die funktionelle Thätigkeit des Herzvagus“, die von August 1865 datirt, aber erst im Januar 1866 herausgekommen sind [1]), findet sich zuerst angegeben, dass wenn man Kaninchen eine starke Dosis Atropin injicirt, der Stamm des Vagus sowohl, wie die Substanz des Herzens bei starker Reizung keine Hemmungswirkung mehr zeigen, und dass die direkte Reizung nicht Stillstand, sogar Beschleunigung bewirkt, während die andern motorischen Aeste des Vagus und die Nerven der Ex-

1) In Moleschott's Zeitschrift.

tremitäten ihren motorischen Einfluss trotz des Giftes noch bewahrt haben. Der Versuch gelingt auch, wie ich bemerkte, bei vermehrter Dosis des Giftes an Hunden und Katzen.

Wenige Monate später erschien (im Mai 1866) in der neuen Würzburger Zeitung die erste Anzeige der Versuche von Bezold und Blöbaum und ein Jahr später die ausführliche Darstellung ihrer Resultate über die Einwirkung des Atropin. Sie bestätigen, dass dieses Gift vor allen andern die Hemmungsfasern im Vagus lähmt und fügen in der letztcitirten Abhandlung noch bei, dass schon sehr geringe Dosen diesen Erfolg haben, welche die meisten Körperfunktionen nicht beeinträchtigen. Sie glauben aber irriger Weise, dass mit dem hemmenden der Vagus durch Atropin stets allen Einfluss auf das Herz verliere. Dies ist aber nur richtig, wenn sehr grosse Dosen angewendet worden sind.

Rutherford (Journal of Anatomy and Physiology, Vol. III, 1869) hat hingegen bei mit Atropin vergifteten Thieren auf peripherische Reizung des Vagusstammes Pulsbeschleunigung beobachtet und eine sehr sonderbare Erklärung dieser Erscheinung in Vorschlag gebracht.

Schmiedeberg (Leipziger Arbeiten 1870) sah dieselbe Erscheinung an mit Nicotin vergifteten Fröschen. Böhm (Studien über Herzgifte 1871) erhielt ein ähnliches Resultat bei Vergiftung mit Aconitin. Letzteres in Verbindung mit Nicotin ergab ihm für die Vagusreizung bei Fröschen Erscheinungen, welche an die bei erwärmtem Herzen von Schelske erhaltenen Resultate erinnern.

Böhm und Wartmann (Würzburger physikalisch-medizin. Gesellschaft 1872) sahen auch bei Säugethieren manchmal nach Aconitinvergiftung Pulsbeschleunigung durch Vagusreizung. Hingegen erklären Schmiedeberg und Böhm, durch das Atropin niemals eine beschleunigende Wirkung des Vagus auf das Herz erkannt zu haben, und der Erstere (Leipz. Arbeiten 1871. Ueber die Innervation des Hundeherzens) gibt an, bei Reizung des Säugethiervagus oberhalb des untern (mittleren) Cervikalganglions überhaupt niemals Pulsbeschleunigung erlangt zu haben.

Unbekannt mit diesen Arbeiten von Schmiedeberg habe ich im Jahre 1872 (Il nervo vago come acceleratore del cuore, Sperimentale) und 1873 (Altes und Neues über Herznerven in Moleschott's Zeitschrift. Appendice alle lezioni sul sistema nervoso encefalico pg. 488) einige Studien veröffentlicht, deren Ausgangspunkt gerade die Bestätigung der hier angefochtenen Eigen-

schaft des Atropins bildete. Diese Versuche waren theilweise an Hunden, besonders aber an Katzen gemacht worden und abgesehen von einigen Thieren, bei denen jede Wirkung fehlte oder zweifelhaft blieb, hatte ich damals an zwei und zwanzig vergifteten Katzen durch Reizung des Vagus namhafte Pulsvermehrung erzielt. Bei einer Katze stieg der Puls, der vor der Reizung 23 bis 24 in zehn Sekunden betrug, bis auf 40—42 in dieser Zeiteinheit. Bei den andern war die Vermehrung weniger beträchtlich. Der durchschnittene Vagus wurde am Halsstamme gereizt. Diese Beobachtungen bewogen mich anzunehmen, dass ausser den Beschleunigungsfasern, deren Gegenwart im Vagus schon früher erwiesen war, im normalen Zustande auch noch eigentliche Hemmungsfasern im Sinne Weber's im Vagus vorhanden sein müssen, welche, beim nicht vergifteten Thiere mitgereizt, verhindern, dass die Energie der Acceleratoren frei hervortrete. Eine grosse Reihe von Controlversuchen setzte mich im Verlaufe der Arbeit in den Stand, den Satz auszusprechen, dass der Vagus bei den von mir untersuchten Thieren der alleinige und ausschliessliche Beschleunigungsnerv des Herzens sei. Die Versuche und Gründe, auf welche sich dieser Ausspruch stützte, waren der Art, dass sie durch die spätere Kenntnissnahme und Bestätigung der Schmiedeberg'schen Arbeiten über den Accelerator nicht im geringsten erschüttert werden konnten. Dieser Forscher hatte, von meinem Standpunkte aus, das Verdienst, bewiesen zu haben, dass in der Gegend der Schlüsselbeinarterie die beschleunigenden Fasern des Vagus sich zum grossen Theil von den hemmenden trennen und in gesonderten Aestchen verlaufen, die isolirt gereizt werden können. Er hat sie aber nicht als Vagusäste erkannt. Zwei Jahre später endlich (1875) erschienen die gemeinsam ausgearbeiteten Schriften von Nussbaum und Böhm über den Einfluss des Curare auf den Herzvagus, besonders bei Katzen. Heinrich Nussbaum: Beiträge zur Anatomie und Physiol. der Herznerven, Dorpat 1875. — Böhm, Untersuchungen über den Accelerator cordis der Katze. Archiv für experimentelle Pathologie, IV, pg. 255. — Derselbe, Ueber paradoxe Vaguswirkungen bei curarisirten Thieren, ibid. pg. 351.

Diese Arbeiten zeigen zunächst, dass Curare, in sehr starken, aber wohl abgemessenen, und nach Bedürfniss wiederholten Dosen das leistet, was man für die toxicologische Isolirung der Beschleuniger im Vagusstamm bisher vom Atropin, und oft vergeblich, er-

wartet hatte. Sie geben ferner eine mit lobenswerther Genauigkeit durchgeführte Reihe von Beobachtungen über die vom Vagusstamm aus erhaltenen Beschleunigungen des Herzschlags an curarisirten Hunden und Katzen. Aber eigentlich Neues in Betreff der Physiologie der Herznerven enthalten sie nicht, wenn man die Beobachtung abrechnet, dass nach den Versuchen der Verfasser die im rechten Vagus so reichlich enthaltenen Acceleratoren im linken Vagusstamme der Katzen fehlen [1]). (Für Hunde lässt sich dieser Satz nach meinen Beobachtungen nicht so absolut feststellen.) Die Verfasser selbst sind, freilich in Betreff ihrer physiologischen Ergebnisse, ganz anderer Ansicht und nach einer offenbar tendenziös gehaltenen, zwei Male wiederholten historischen Auseinandersetzung behaupten sie, nicht nur die Ersten zu sein, welche die bisher angeblich vernachlässigten Acceleratoren der Katze dem Versuche unterwerfen, sondern auch zuerst die so sehr unerwartete Thatsache aufgefunden zu haben, dass der Vagusstamm, nicht nur des Frosches, sondern auch der Säugethiere, ausser dem hemmenden auch einen beschleunigenden Einfluss auf's Herz ausüben kann! Als die Hauptquelle der beschleunigenden Fasern betrachten die Verfasser aber immer noch das Rückenmark und den Sympathikus.

In Betreff der hier erwähnten angeblich von Böhm zum ersten Male „festgestellten" Thatsache der accelerirenden Thätigkeit des Vagusstammes glaube ich nicht zu viel zu versprechen, wenn ich mich anheischig mache, aus dem Stegreife wenigstens 20 verschiedene Arbeiten aufzuzählen, welche vor und grösstentheils lange vor dem Erscheinen der Böhm'schen Aufsätze, sich mit dieser Eigenschaft des Vagus beschäftigt und dieselbe, der herrschenden Theorie gegenüber, zum Theil durch genaue und mühsame Versuche ernstlich diskutirt und soweit „festgestellt" haben, dass sie selbst dann noch als Thatsache gelten müsste, wenn ihr auch nicht die Heilswirkung des Curare stützend zur Seite getreten wäre.

Zum Schlusse dieser historischen Abschweifung will ich noch erwähnen, dass ich in der letzteren Zeit (Accademia dei Sincei 1877) ein eigenthümliches, nicht eigentlich giftiges Mittel gefunden,

1) Dass dies nicht immer der Fall ist, bezeugt mir ein Versuch von August 1873, in welchem bei sehr hoher Zimmertemperatur eine Katze vom linken Vagus aus sehr bedeutende Steigerung der Pulsfrequenz ergab. Reizung durch Induktion — Curare.

um bei Fröschen die Hemmungswirkung des Vagus ganz auszuschliessen und seine beschleunigende sehr klar hervortreten zu lassen. Es besteht in der Ersetzung des Blutes durch Salzwasser analog der zuerst von Cohnheim angewendeten Methode. Am angeführten Orte habe ich angegeben, wie ich theoretisch auf dieses Mittel verfallen bin.

Alle diese chemisch und giftig wirkenden Mittel brauchen in ihrer Anwendung die höchste Vorsicht, wenn sie wirken und besonders, wenn sie in ihrer Wirkung nicht zu weit gehen sollen, bis sie auch die Erregbarkeit der Acceleratoren vernichten. Letzteres gilt, wie ich bereits 1873 zugegeben, besonders vom Atropin. Aber auch das Curare ist von diesen Uebergriffen nicht völlig frei. Sieht man doch bei zu starker Wirkung des letzteren die Thiere manchmal plötzlich, nicht etwa an Gefässlähmung, sondern an sog. Herzlähmung zu Grunde gehen. D. h. die peripherischen Enden der bewegenden Nerven im Herzen werden so unerregbar, dass der Reiz des Blutes nicht mehr genügt, eine Zusammenziehung zu bewirken, die jedoch noch eine Zeit lang auf stärkeren, mechanischen Reiz erfolgt.

Es ist daher zu vermuthen, dass auch in den Fällen, wo bei Verlust der Erregbarkeit der Hemmungsnerven die Beschleuniger noch thätig waren, diese wahrscheinlich schon eine Einbusse an Energie erlitten hatten.

Es ist darum immer erfreulich, dass sich uns in der vorstehenden Versuchsreihe ein anderer Weg eröffnet, welcher die Erreger im Vagusstamm in bequemer Weise und ohne mächtigen Eingriff von den stets degenerirenden Hemmungsnerven sondert. Mag auch der Versuch nur in weniger als 1/8 der Thiere in der angegebenen Weise gelingen, auch die andern vorbereiteten Thiere sind nicht verloren und belohnen uns noch mit sehr lehrreichen Erfahrungen. Mag auch bei manchen der Versuche, die scheinbar in diesem Sinne gelingen, ein Theil der erregenden Nerven mit der Degeneration verfallen sein, die andern bewahren unbeeinträchtigt ihre volle Kraft. Die Leichtigkeit, Schnelligkeit und Schmerzlosigkeit, mit der sich die Präparation des Accelerators, d. h. seines Stammes im Vagus in solchen Fällen, selbst in Gegenwart eines zahlreichen Auditoriums, ausführen lässt, entschädigen uns reichlich für die Verpflichtung, die Hunde mit durchschnittenem Vagus 8 bis 14 Tage vor der Demonstration vorzubereiten. Hat man mehrere Hunde der Art in Vorrath, so ist man sicher, dass die

Demonstration, welches auch ihr Ergebniss sein möge, sich dem Lernenden und Lehrenden in hohem Grade fruchtbar erweisen werde. Ich habe in der Vorlesung den Schülern alle Acceleratorversuche an Hunden gezeigt, ohne den Cyon-Schmiedeberg'schen Accelerator zu präpariren oder zu isoliren. Alles am degenerirenden rechten Vagusstamm. Ich habe aber auch in der Vorlesung den Accelerator blosgelegt und gereizt, dies geschah aber, wie wir sehen werden, um zu zeigen, dass die Reizung in bestimmten Fällen ohne Erfolg bleibt. Hierüber bei Gelegenheit der Versuchsreihe C.

Wir müssen also die Ergebnisse der Versuchsreihe B dankbar hinnehmen, wenn es auch vorläufig unerörtert bleibt, warum in diesen Fällen, aller Analogie entgegen, im durchschnittenen Nervenstamm eine funktionelle Gruppe von Nervenfasern bald mit den übrigen entartet, bald nicht entartet, während die andern stets degeneriren. Es soll auch hier nicht behauptet werden, dass die nicht entarteten accelerirenden Fasern dem Halsvagus im engeren morphologisch-anatom. Sinne angehören. Den in der Arbeit „Altes und Neues" gegebenen Beweisen, dass sie mit dem Vagus (Accessorius) zusammen das Mark verlassen, brauche und vermag ich keine neuen hinzuzufügen. Dass sie am Halse (auf der rechten Seite) grösstentheils (bei Hunden und Katzen) in der gemeinsamen Scheide des Vagus verlaufen, ist klar, nicht weniger als die Thatsache, dass das Mikroskop sie (nach der Waller'schen Methode) als eine besondere Gruppe erkennt. Es steht jedem frei, sie als einen besonderen, vom Vagus stammenden und absteigenden Zug des Halssympathikus anzusehen. Ist doch der ganze sogen. Sympathikus nur ein „être de raison" und es wäre ein Glück für die Physiologie und sicher würde es vielen Missverständnissen ein Ende machen, wenn für einige Zeit in physiologischen und pathologischen Untersuchungen gar nicht mehr von demselben die Rede wäre. Nicht nur auf philologisch-historischem Gebiete gibt es eine etymologische Mythenbildung, auch in der Physiologie hat sie sich eingenistet, sie spukt, besonders in neuester Zeit, in den Köpfen vieler Lehrer der allgemeinen Pathologie, und es wäre an der Zeit, sie radikal auszurotten.

Zu bemerken ist, dass bei allen zu dieser Reihe gehörigen Versuchen der Nerv ganz wirkungslos war, wenn er in der nächsten Nähe des Schnittendes bis etwa 1, manchmal auch gegen 2, ja in einem Falle $2^1/_2$ cm von demselben gereizt wurde. Dies hängt aber

wirklich von der Nähe des Schnittendes und nicht davon ab, dass die Reizstelle zu weit vom Ganglion entfernt war. Denn bei sehr grossen Hunden (und ich habe Versuche an allen Varietäten der Grösse von etwas unter der mittleren bis zur grössten, aber noch keine von ganz kleinen Hunderacen aufzuweisen), wo das peripherische Stück bis zum Ganglion bis zu 13 cm lang war, zeigte sich die wirkungslose Stelle öfters kleiner als bei kleinen Hunden. Es könnte auf den ersten Blick scheinen, als dürfte man diese Thatsache in Zusammenhang bringen mit einer anderen, die ich meines Wissens zuerst beobachtet habe, und die jetzt fast allgemein angenommen wird. Zuerst in meinen „neurologischen Notizen" (Archiv des Vereins für gemeinschaftliche Arbeiten. I. 1853. p. 616) und später in meinem Lehrbuch (1858. p. 117) habe ich darauf aufmerksam gemacht, dass bei degenerirenden durchschnittenen Nerven die Entartung in der nächsten Nähe des Schnittendes und öfters etwas darüber hinaus ganz anders aussieht und in anderer Weise verläuft als im übrigen Theile des peripheren Nervenstumpfes. Die Entartung des Schnittendes, die sogen. entzündliche, findet sich auch am centralen Nervenende. Die Nichtbeachtung dieser Verhältnisse von Seiten einiger Schriftsteller hat noch in neuester Zeit zu schweren Missverständnissen geführt. Die besonders in Frankreich viel behandelte Frage, ob die Lähmungsveränderung aktiver oder passiver Natur sei, welche auch in Deutschland hie und da zur Sprache kam, wäre gar nicht aufgetaucht, wenn man diesen Unterschied gehörig und immer beachtet hätte.

Will man die stets wirkungslose Stelle in der peripheren Abtheilung des durchschnittenen Vagus als den Ausdruck der „entzündlichen" Veränderung auffassen, so bleibt es auffallend, dass diese Strecke hier eine so grosse Länge erreicht und dass ihre Länge so variabel ist. Die entzündliche Veränderung erfüllt nach Schnittwunden beim Nerven gewöhnlich nur 1 bis 2 Internodien, und ist am centralen Ende meist ausgedehnter, als am peripheren und die direkte mikroskopische Untersuchung lässt in dieser Beziehung den Vagus nicht von den andern Nerven verschieden erscheinen.

In vielen Fällen zeigt es sich ferner, dass die Frequenzvermehrung des Pulses bei gleichem Reize und bei gleicher Spannweite der Elektroden an Grösse zunimmt in dem Maasse, als sich der Reiz dem mittleren Ganglion nähert, um erst an dem letzteren, resp. an der Abgangsstelle der Cyon-Schmiedeberg'schen Acce-

leratoren ihr Maximum zu erreichen. Später habe ich eine grosse Reihe von Erfahrungen gemacht, welche diese Wahrnehmung (die ich der Kürze wegen im Folgenden die absteigende Vermehrung nennen will) nicht bewähren. Dennoch aber wäre es möglich, dass mich die ersteren Beobachtungen nicht getäuscht, dass die absteigende Vermehrung wirklich bestünde und in den andern entgegenstehenden Versuchen blos durch Nebenumstände, vielleicht auch durch den Erfolg der öfteren Wiederholung der Reizung, verhüllt worden wäre. Ist dies der Fall, so wäre es, wie wir sehen werden, möglich, in Verbindung mit der absteigenden Vermehrung die Existenz der nicht reizbaren Stelle besser zu erklären, als durch die Berufung auf die Modification der Degeneration durch die Entzündung.

Nehmen wir den mittleren Theil des peripherischen Vagusstumpfes, so zeigt sich die Vermehrung der Pulsfrequenz in denselben Gränzen eingeschlossen, die wir von den Versuchen über den Accelerator her kennen. Ich unterlasse es, hier Beispiele anzuführen, da wir uns erst über die Art zu verständigen hätten, die erlangte Vermehrung in vergleichbarer Weise auszudrücken. Moleschott hat 1859 (Untersuch. VII, p. 401) die Methode vorgeschlagen, die Vermehrung bei Reizung des Beschleunigungsnerven in Prozenten der vorher bestandenen Pulszahl auszudrücken und hierin sind ihm Cyon, Schmiedeberg und überhaupt die Leipziger Schule später gefolgt. Es gibt dies gewiss keine richtige Vorstellung von der Leistung des Acceleratoren. Ich denke mir, dass der Puls von 20 auf 30 zu vermehren weniger Arbeit ist als von 40 auf 60 und selbst von 40 auf 50. Ich habe darum in meinem physiologischen Conversatorium, um den Erfolg bei verschiedenen Hunden zu vergleichen, eine andere Methode gewählt, die sehr willkührlich scheint, die mir aber vorläufig genügt. Ich mache mir einen Fahrstrich in die Möglichkeit, und setze die Zahl 60 in der Zeiteinheit von 12 Sekunden als ein selten erreichtes Maximum. Nun wird die Vermehrung in der Form eines Bruches ausgedrückt, dessen Nenner 60 minus der ursprünglichen Zahl ist, der Zähler ist der Ueberschuss der durch Reizung erlangten Zahl über die ursprünglich vorhandene. Haben wir z. B. eine Vermehrung von 36 auf 50, so ist sie in dieser Formel $= \frac{14}{24}$. Natürlich ist dies nur die Form eines Buches, aber kein wirklicher, den

man reduziren dürfte. Und die $\frac{14}{24}$ unseres Beispiels sind so wenig gleichbedeutend mit $\frac{7}{12}$ wie $\frac{4}{4}$ mit $\frac{30}{30}$. Wenn man beurtheilen soll, was von nahe zusammenfallenden Formeln z. $\frac{7}{8}$ und $\frac{13}{16}$ mehr oder weniger ist, so ist man vorläufig und vielleicht noch lange subjektivem Ermessen anheimgegeben, aber ich hoffe, weitere Studien werden die Sache zwingend entscheiden. Es liegt hier eine der nächsten Aufgaben für die weitere Forschung verborgen [1]).

Glücklicherweise bedarf es der Entscheidung dieser Fragen nicht, um bei Verwandlung der unmittelbaren Resultate des Versuches in die eben angedeutete Formelreihe zu erkennen, dass Reizung des Vagusstammes keine viel kleinere Vermehrung gibt, als die Reizung des mittleren Ganglion, in welchem die Ansa Vieussenii und die Schmiedeberg'schen Acceleratoren zusammentreffen.

Endlich zeigt auch die Art wie die Vermehrung zu Stande kommt und wieder verschwindet die grösste Analogie zwischen dem Ergebniss der Reizung des Vagus und dem was von den Acceleratoren bekannt ist. In den oben mitgetheilten Versuchen sieht man die latente Zeit manchmal sehr lange dauern und mehrmals habe ich nach der Reizung die Zählungen mitgetheilt bis nach endlichem Verschwinden der Vermehrung. Dieses eigensinnige Beharrungsvermögen des Accelerators ist sogar, nicht an den gesonderten Aesten, sondern am Vagusstamm zuerst entdeckt und gut beschrieben worden. In meinen ersten Versuchen musste mir diese Eigenthümlichkeit freilich entgehen, da ich allein und ohne Hülfsmittel nicht im Stande war, anhaltende und fortlaufende Zählungen zu machen. Aber zehn Jahre später hat Jakob Moleschott von mehreren Assistenten unterstützt bei Wiederholung meiner Versuche diese Lücke ausgefüllt. Moleschott macht darauf aufmerksam, dass man den Vagus lange reizen müsse, weil die beschleunigende Wirkung sich oft verhältnissmässig spät einstelle, dass sie lange nach Aufhören der Reizung fortdauere, und

1) So seit einigen Jahren, aber in der letzten Zeit bekomme ich noch besser vergleichbare Resultate, indem ich diese Brüche mit der Quadratwurzel der Rektaltemperatur dividire. Die Temperatur in Centigr., aber 18° = 0.

dass sie bei zu kurzer Reizung oft erst nach derselben als „Nachwirkung“ hervortrete. Also Moleschott (Untersuch. VII 1859 pg. 401) und nicht, wie viele glauben, Schmiedeberg hat dieses Verhalten aufgefunden mehr als 20 Jahre bevor der letztgenannte Forscher seine Untersuchungen anstellte, welcher freilich über bessere Hülfsmittel und vorgeschrittenere Methoden verfügend, die Resultate plastischer, aber in keinem Punkte qualitativ verschieden, erhielt. Wir sind dem damaligen Zürcher Physiologen um so mehr diese gerechte Anerkennung schuldig, weil zu jener Zeit ihm nur Geringschätzung und Spott für seine Entdeckung entgegengebracht wurde. Ist denn, so drückte sich ein damals vielgenannter Schriftsteller aus, dieser Herzvagus wirklich ein Nerv? Wir müssen wahrlich von vorne zu lernen anfangen! — Die Versuche, die jetzt in fast allen Laboratorien angestellt worden sind, geben auf solche Fragen die wohlverdiente Erwiederung, aber damals fand die Kritik nicht ein einziges Wort um ein solches Verfahren gebührend zu würdigen. Es war die Zeit der tiefsten Erniedrigung der deutschen physiologischen Tagespresse.

Zum Schlusse bemerke ich, dass ich in zwei zu dieser Reihe gehörigen Versuchen um die bekannten Gefahren der starken Spannung der Induktionsströme zu umgehen, mich zur Reizung und Tetanisirung des degenerirten Vagusstammes gar keines Induktors, sondern eines bereits von Valentin beschriebenen Hammerwerkes bedient habe, welches durch einen Elektromagneten in Bewegung gesetzt, eine Kette von 3 Daniell in schneller Folge abwechselnd auf- und absteigend schloss und öffnete. Dennoch wurde auch hier die parunipolare Ableitung zwischen Herz und Ganglion angewendet und sehr ausgesprochene Pulsvermehrung vom rechten Vagus aus erzielt.

Gehen wir nun endlich zur

Versuchsreihe C.

Grosser Hund (G. 96) seit 18 Tagen der rechte, seit 10 Minuten der linke Vagosymp. vollständig am Halse durchschnitten. Curare. Das Ganglion der rechten Seite war in leichtem Aetherrausch präparirt worden, ebenso die aus diesem tretenden Aeste.

Reizung des rechten Vagus 70 mm über dem Ganglion. Induction.	Reizung, Dauer 78 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 44 Pls.	12 Sek. Reiz. 44 Pls.
12 „ „ „ 44 „	24 „ „ 42½ „
	36 „ „ 43 „

78 Sek. Reiz. 44 Pls.
12 „ nach „ 45 „
24 „ „ „ 44 „
Pause 120 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 43 Pls.
12 „ „ „ 44 „
Irrit. 60 mm vom Ganglion.
Dauer 45 Sek.
12 Sek. Reiz. 42½ Pls.
24 „ „ 43 „
36 „ „ 43 „
12 „ nach „ 44 „
24 „ „ „ 42½ „
Pause 125 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 44 Pls.
12 „ „ „ 43 „
Reiz. 30 mm vom Ganglion.
12 Sek. Reiz. 43 Pls.
24 „ „ 44 „
36 „ „ 45 „
48 „ „ 42 „
60 „ „ 42 „
(Dauer 60 Sek.)
12 „ nach „ 44 „
24 „ „ „ 45 „
36 „ „ „ 44 „
Pause 45 Sek.
Vor Reiz. 45, 44, 45 Pls.
Reiz. 10 mm vom Ganglion.
12 Sek. Reiz. 44 Pls.
24 „ „ 43 „
36 „ „ 43 „
12 „ nach „ 44 „
24 „ „ „ 43 „
Pause 66 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 43 Pls.
12 „ „ „ 44 „

Reiz. wie die letzte verstärkt.
12 Sek. Reiz. 44 Pls.
24 „ „ 44 „
36 „ „ 43 „
12 „ nach „ 43 „
Pause 36 Sek.
46 Sek. vor Reiz. 45 und 44 Pls.
Reizung des mittleren Ganglion und seiner Ausläufer.
12 Sek. Reiz. 44 Pls.
24 „ „ 46 „
36 „ „ 46 „
12 „ nach „ 45 „
24 „ „ „ 46 „
36 „ „ „ 45 „
Lange Pause von mehreren Min. (etwa 8 Min.)
Vor . . . . . 46 Pls.
12 Sek. vor Reiz. 44 „
Reiz. des Ganglion mit Ansa Vieuss.
12 Sek. Reiz. 44 Pls.
24 „ „ 44 „
12 „ nach „ 44 „
Pause etwa 110 Sek.
Vor der Reiz. 44, 45 Pls.
Reiz. des Gangl. med. und seiner nerv. cardiacus.
12 Sek. Reiz. 44 Pls.
24 „ „ 44 „
36 „ „ 44 „
18 „ nach „ 44 „
Lange Pause.
Die Frequenz fällt allmählich auf 41.

Nun wird die Aorta thoracica auf lange Zeit comprimirt, der Druck steigt von 4 Centim. auf 7 über der Nulllinie (Federmanometer, unmittelbare Ablesung). Die Frequenz für längere Zeit unverändert 41—40½. 246 Sekunden, nachdem bei fortdauernder Aortenkompression der Druck auf der gleichen Höhe geblieben wird ohne die Aorta zu öffnen die Ansa Vieuss. und das Ganglion medium gereizt. Starke Induktionsströme. Unmittelbar vor der Reizung war die Frequenz 39, 39.

Reizung Frequenz 39, 41, 42 Pls. 36 Sek. nach Reiz. $43\frac{1}{2}$ Pls.
12 Sek. nach Reiz. 42 Pls. 48 „ „ „ $43\frac{1}{2}$ „
24 „ „ „ 44 „ 72 „ „ „ 43 „ und so blieb
die Frequenz lange. Der Druck auf der Aorta wird vorübergehend gelöst.

Dann nochmalige Compression und als (ohne Reizung der Nerven) der Druck auf derselben Höhe wie vorhin angelangt war, stieg die Frequenz auf $45\frac{1}{2}$.

Hund (106a—b) dem vor 2 Monaten
rechts Vagus und recurrens durchschnitten,
links die Vertebralnerven und die andern rami comunicantes abgetrennt die das Rückenmark mit dem letzten Cervical und ersten Brustganglion verbinden, Gränzstrang zwischen erstem und zweitem Brustganglion durchrissen worden, wird curarisirt und man durchschneidet ihm links den Vagusstamm, aber nicht den recurrens, noch den laryngeus superior. Ausserdem rechts das erste Brust- und unterste Cervicalganglion ausgeschnitten.

Vor der Reizung nach einiger Ruhe mehrfach 35—36 Pulse.

Starke Reizung des rechten Vagusstammes.

12 Sek. Reiz.	36 Pls.	in	12 Sek.
24 „ „	$35\frac{1}{2}$ „	„	12 „
30 „ „	$17\frac{1}{2}$ „	„	6 „

Reizdauer 33 Sek.

12 Sek. nach Reiz. 35 Pls.

Pause 108 Sek.

24 Sek. vor Reiz. $35\frac{1}{2}$ Pls.
12 „ „ „ 33 „

Reizung des Gangl. med. mit Ansa V.
Dauer 38 Sek.

30 Sek. Reiz. $31\frac{1}{2}$ Pls. Dauer 38 S.
12 „ nach „ 31 „

Pause 30 Sek.

Vor Reiz. 30 Pls.

Reiz. des Ganglion 30 Pls.

Pause 24 Sek.

Starke Reiz. des Ganglion. 28 Pls.

Pause 96 Sek.

Vor der Reiz. 27 Pls.

Reiz. der Ansa V. und Accelerators am Ganglion, 54 Sek. lang.

12 Sek.	Reiz.	27 Pls.
54 „	„	$26\frac{1}{2}$ „
12 „	nach „	27 „

Pause 216 Sek.

Längere Zeit war der Puls 27. Dann wird während der Pause der nervus cardiacus inferior aus dem Gangl. cerv. medium der linken Seite präparirt und mit Elektroden versehen. Der Nerv wurde nicht durchschnitten. Während der Präparation ist die Zahl der Pulse (mechan. Reizung) 35. Nach der Präparation 31.

Reiz. des linken Nerv. cardiac.
Dauer 30 Sek.

12 Sek.	Reiz.	37 Pls.	in	12 Sek.
24 „	„	46 „	„	12 „
30 „	„	26 „	„	6 „
12 „	nach „	50 „	„	12 „
24 „	„ „	46 „		
36 „	„ „	44 „	„	12 „
48 „	„ „	44 „		
60 „	„ „	40 „		
72 Sek.	nach Reiz.	37 Pls.		
84 „	„ „	36 „		
96 „	„ „	34 „		
108 „	„ „	$32\frac{1}{2}$ „	in	12 Sek.
120 „	„ „	$31\frac{1}{2}$ „	„	12 „
132 „	„ „	$31\frac{1}{2}$ „	„	12 „
144 „	„ „	29 „	„	12 „
156 „	„ „	$27\frac{1}{2}$ „	„	12 „
168 „	„ „	$27\frac{1}{2}$ „	„	12 „
180 „	„ „	26 „	„	12 „

Nach langer Ruhe kommt der Puls auf 24. Reizung desselben Nerven bringt jetzt die Frequenz auf 40, aber lässt auch den Druck, der allmählich auf 46 gesunken war, auf 160 steigen.

Dann geht langsam in 66 Sekunden der Druck auf 130 und die Frequenz auf $31^1/_2$, endlich nach 150 Sekunden der Druck auf 80 und die Frequenz 29.

Zehn Minuten Pause.

Druck 60, Frequenz 23. Jetzt wird das verl. Mark langsam mit einer gespitzten Sonde triturirt. Nach 24 Sekunden Druck 160, Frequenz 36. — Nach 42 Sekunden Druck 245, Frequenz 48. (Der linke laryngeorecurrens ist noch erhalten.)

Sinken sehr langsam. Erst nach weiteren 24 Minuten wird in das Cervikalmark die Sonde langsam eingebohrt. Druck und Frequenz steigen wie bei der vorigen Markreizung.

In späterer Zeit bei einem Druck von 64 noch einige Reizungen des linken Gangl. cervic. medium, die sich durch lange Latenzzeit auszeichnen. In einer dieser Reizungen braucht die Frequenz 54 Sek., um sich von 27 auf 32 allmählig zu erhöhen. Die Reizung wird jetzt aufgehoben und erst nach 84 Sekunden ist die Frequenz wieder 27.

Fast ganz dasselbe wiederholt sich bei der folgenden Reizung links.

Jetzt Reizung Ganglion rechts absolut ohne allen Erfolg.

Interessant ist in dem späteren Theil dieses Versuches, dass die Rückenmarksreizung noch Vermehrung erzeugte, als alle die Cyon-Schmiedeberg-Stricker'schen Acceleratorverbindungen mit dem Rückenmark gelöst waren, wenn nur die recurrens-Schlinge noch ungetrennt war. Den hierzu gehörigen Gegenversuch findet man schon 1873 in der Abhandlung „Altes und Neues".

Hund (G. 82) seit 12 Tagen mit durchschnittenem rechten Vagus und laryngeis.

Im Aetherrausch wird der rechte Vagus bis unter die Geflechte am Eingang der Brusthöhle präparirt. Der linke Vagus vollständig durchschnitten. Dann Curare, künstliche Respiration. Reizung des rechten Vagus von oben immer tiefer gegen das Ganglion herabsteigend.

30 Sek. vor Reiz. 38 Pls. in 12 Sek.
18 „ „ „ 42 „ „ 12 „
Reizung des Stammes 72 Sek.
48 Sek. Reiz. 40 Pls. in 12 Sek.
60 „ „ 41 „ „ 12 „
72 „ „ 38 „ „ 12 „
12 „ nach „ 34 „
24 „ „ „ 32 „
36 „ „ „ 33 „
Pause 81 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 37 Pls.
12 „ „ „ 36 „
Reiz. Stamm.

12 Sek. Reiz. 38 Pls.
24 „ „ 38 „
36 „ „ 39 „
} Dauer 36 Sek.
30 „ nach „ $38^1/_2$ „
42 „ „ „ 37 „
Pause 132 Sec.
12 Sec. vor Reiz. 36 Pls.
Reizung. Vagusstamm starke Induktionsstr.
Dauer 42 Sek.
18 Sek. Reiz. 37 Pls.
30 „ „ 36 „
12 „ nach „ 35 „

24 Sek. nach Reiz. 35 Pls.
36 „ „ „ 35 „
Pause 96 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 35 Pls.
12 „ „ „ 35 „
Reizung. Stamm näher der Brust.
54 Sek.
12 Sek. Reiz. 35 Pls.
24 „ „ 35 „
42 „ „ 35 „
12 „ nach „ 35 „
Pause 96 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 43 Pls.
12 „ „ „ 45 „
Starke Reizung des rechten Vagus.
38 Sek.
12 Sek. Reiz. 45 Pls.
24 „ „ $45^1/_2$ „
36 „ „ 45 „
12 „ nach „ $44^1/_2$ „
24 „ „ „ 51 „
mit bedeutender Erniedrigung der sogen. Respirationsschwankungen des Druckes während der letzten 8 Pulse.
36 Sek. nach Reiz. 50 Pls.
Respirationswellen, ebenso Mitteldruck nicht verändert.
48 Sek. nach Reiz. 50 Pls.
Jetzt ohne Pause nur noch stärker Reiz. d. Vagus (Rollen $^2/_3$ übereinander).
Dauer 30 Sek.
12 Sek. Reiz. 49 Pls.
24 „ „ 50 „
12 „ nach „ 50 „
Pause 192 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 47 Pls.
12 „ „ „ 48 „
Reizung, Vagusstamm tiefer.
24 Sekunden.
12 Sek. Reiz. 47 Pls.
24 „ „ 47 „
24 „ nach „ 47 „
Pause 75 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 47 Pls.
12 „ „ „ 46 „
Reizung noch tiefer 42 Sek.
12 Sek. Reiz. 46 Pls.
24 „ „ 46 „
12 „ nach „ 46 „
24 „ „ „ $45^1/_2$ „
Pause 150 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 45 Pls.
12 „ „ „ 45 „
Reizung Dauer 30 Sek.
12 Sek. Reiz. 45 Pls.
24 „ „ 45 „
12 „ nach „ 45 „
Pause 66 Sek.
24 Sek. vor Reiz. $43^1/_2$ Pls.
12 „ „ „ 44 „
Reizung d. Vagus noch peripherischer.
Dauer 30 Sek.
12 Sek. Reiz. 42 Pls.
24 „ „ 43 „
12 „ nach „ $41^1/_2$ „
24 „ „ „ 42 „
Pause 108 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 43 Pls.
12 „ „ „ 42 „
Reizung. Vagusstamm peripherischer.
12 Sek. Reiz. 42 Pls. } Dauer
24 „ „ 42 „ } 36 Sek.
12 „ nach „ 42 „
24 „ „ „ $41^1/_2$ „
Pause 156 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 42 Pls.
12 „ „ „ 41 „
Reiz. ganz nahe d. Gangl.
12 Sek. Reiz. 41 Pls. } Dauer
24 „ „ 41 „ } 39 Sek.
36 „ „ 41 „ }
12 „ nach „ $41^1/_2$ „
24 „ „ „ 42 „
Der Hund ist z. Th. erwacht. Lange Pause, in der er bis zu vollständiger Unbeweglichkeit curarisirt wird.

24 Sek. vor Reiz. 42½ Pls.
12 „ „ „ 42½ „
Reizung 4 cm über das Ganglion.
12 Sek. Reiz. 43 Pls. } Dauer
24 „ „ 42 „ } 54 Sek.
42 „ „ 43½ „ }
12 „ nach „ 43 „
24 „ „ „ 42½ „
Pause 150 Sek.
Gegen Ende der Pause starke chemische Druckwellen.
24 Sek. vor Reiz. 43 Pls.
12 „ „ „ 43 „
Reizung des Ganglion stark.
12 Sek. Reiz. 43½ Pls. } Dauer
36 „ „ 44 „ } 42 Sek.
12 „ nach „ 44 „
24 „ „ „ 43 „
Pause lang, ca. 250 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 42 Pls.
12 „ „ „ 43 „
Reiz. Ganglion mit d. Herzast und oberen Theil der Ansa V.
Dauer 60 Sek.
18 Sek. Reiz. 43 Pls. in 12 Sek.
48 „ „ 44 „
12 „ nach „ 44 „
24 „ „ „ 43 „
36 „ „ „ 41½ „
48 „ „ „ 40 „
Pause 180 Sek.

24 Sek. vor Reiz. 44 Pls.
12 „ „ „ 40½ „
Starke Reiz. d. Stammes 3 cm über dem Ganglion.
Dauer 34 Sek.
12 Sek. Reiz. 45 Pls. in 12 Sek.
24 „ „ 45½ „ „ 12 „
36 „ „ 22 „ „ 6 „
12 „ nach „ 44 „
24 „ „ „ 44 „
36 „ „ „ 45 „
Lange Pause.
24 Sek. vor Reiz. 41 Pls.
12 „ „ „ 40 „
Reizung des rechten Vagus wie oben.
Dauer 48 Sek.
12 Sek. Reiz. 40 Pls.
24 „ „ 39 „
36 „ „ 39 „
12 „ nach „ 40 „
Pause 204 Sek.
24 Sek. vor Reiz. 39 Pls.
12 „ „ „ 40 „
Reizung d. Gangl. und seiner Aeste.
Dauer 72 Sek.
12 Sek. Reiz. 40 Pls.
24 „ „ 40 „
48 „ „ 40½ „
60 „ „ 40 „
12 „ nach „ 40½ „

Dies ein Beispiel von einem Hunde, dessen Herz so oft von äusseren Eingriffen unabhängige kleine Schwankungen zeigte, dass ich ihn noch vor wenigen Jahren vor jedem Reizversuche als zum Nachweis der Wirkung der accelerirenden Vagusfasern untauglich verworfen hätte. Mit den heutigen besseren Hülfsmitteln gelingt es trotz der oft sehr zur Unzeit eintretenden Schwankungen im Laufe des Versuches deutlich zu erkennen, dass dem Vagus und dem Ganglion medium mit seinen Aesten jeder beschleunigende Einfluss abgeht.

Es hat kein Interesse hier noch weitere derartige Versuche, deren sich nach und nach eine Menge in meinen Aufzeichnungen

angehäuft, ausführlich mitzutheilen. Nur auszugsweise gebe ich noch von einzelnen einige charakteristische Resultate.

Hund (G 73), dem vor 9 Tagen der rechte Vagus vollständig durchschnitten, wird weder curarisirt noch ätherisirt. Man durchschneidet ihm rasch mit einem spitzen Pfriem die Medulla oblongata an der obern Grenze. (Durch die Muskeln und die Membrana atlanto-occipitalis hindurch.) Die Operation ist gut gelungen, bald athmet der Hund wieder selbstständig, aber die Athmung ist Anfangs schwach und wird durch künstliche ergänzt. So lässt man das Thier etwas abkühlen und die Reizungsperiode vorübergehen. Dann durchschneidet man den linken Vagus und stellt die Verbindung mit dem Schreibeapparat her. Man beginnt, während der Puls von 35 her im Absinken ist, die Reizung $5^1/_2$ cm über dem Ganglion.

Vor der Reizung 32.
Reizung des Vagus 108 Sekunden lang, stets 31.
Reizung nahe dem Ganglion 102 Sekunden lang, vorher 31.
Während der Reizung zwischen 30 und 29.
Spätere Reizung ganz über dem Ganglion. 72 Sek. lang.
Vorher 30 während der Reizung 29.
Reizung des Ganglion mit Accelerator. Vorher 29.
Während der Reizung zwischen 28 und $28^1/_2$.

Solcher Versuche haben wir noch andere, in denen man gewiss das Curare nicht anklagen darf, mit an dem Erfolge Theil zu haben. Der Temperaturabfall war in diesem Versuche sehr schwach. In manchen anderen stärker bis zu 5 Graden in $2^1/_2$ Stunden, trotzdem dass das Zimmer so stark erwärmt war, dass mehrere der Assistenten sich beklagten.

Einer dieser Versuche gleich vorbereitet (11. Tag der Vaguslähmung) verlief im Allgemeinen auf ganz ähnliche Weise. Der zweiten Reizung des Ganglion folgte aber eine Erscheinung, die ich hier nicht verschweigen will. Als das Ganglion zum ersten Male mit den Aesten gereizt wurde (60 Sek. lang) schwankte der Puls, der vorher 33 war nur in den ersten 12 Sek. auf $33^1/_2$ und blieb sonst während und nach der Reizung 33.

In der Pause von 66 Sek. hob sich der Puls vorübergehend auf 34, dann $33^1/_2$. Die neue Reizung des Ganglion war besonders stark und trotz aller Vorsicht von Zuckungen in den Schultermuskeln begleitet.

Man hatte:

12 Sekunden Reizung $33^1/_2$ Pulse. } Dauer 26 Sekunden.
24 „ „ 35 „ }

Pression am Ende der Reizung gestiegen auf 180 mm.

12	Sekunden	nach	Reizung	37	Pulse,	Pression	140.
24	„	„	„	43	„	„	96.
36	„	„	„	40	„	„	70.
48	„	„	„	$32^1/_2$	„	„	60.

Dann fällt der Druck rasch und der Hund stirbt nach sehr kurzer Zeit.

Diesen Versuchen, in denen nach Harnläsion die Frequenz ziemlich niedrig war, sind andere gegenüberzustellen, in denen z. B. nach Anwendung von Aether bei der Präparation der Puls oft ausser der Reizungszeit schon an die Maximalfrequenz streifte, sich so während des ganzen Versuches erhielt, aber durch die Reizung des Accelerator nicht vermehrt wurde. So z. B. ein Hund (G. 92) der am 9ten Tage nach Durchschneidung des rechten Vagus untersucht, während der ganzen Zeit einen Puls von 51 bis 51½ in 12 Sek. zeigte und bei dem zur Sicherung der Zählung der Herzschlag simultan doppelt, mit dem Federmanometer und der Lufttrommel auf der Brustwand, aufgeschrieben wurde. Hier wurde ausser den gewöhnlichen Parthien auch noch das unterste Cervikalganglion (stellatum einiger Autoren) gereizt ohne Spur von Einfluss. Für Erhaltung der Temperatur war durch mässige Erwärmung freilich erst dann gesorgt worden, als man eine Abnahme wahrgenommen hatte.

Es kann also bei allen Wärmegraden des Thieres, bei allen mittleren Pulsfrequenzen, bei jeder Grösse des Thieres und bei den verschiedensten Racen, bei erwachsenen Hunden, denen ein Vagus am Halse vollständig durchschnitten war, wenn keine Regeneration eingetreten, die Erregbarkeit der Acceleratoren der gelähmten Seite vollständig fehlen.

Möglich dass ein oder der andere meiner heutigen Leser sich noch erinnert, dass ich einmal vor 20 Jahren eine Nervenphysiologie geschrieben, in welcher ich es gewagt habe

„φωνὴ Βοωντος ἐν τῇ ἐρημω“

den Einfluss der im Niveau der Ganglion enthaltenen „Ernährungscentra“ der Nerven, im Gegensatz zu den funktionellen eigentlichen Centraltheilen, nach seiner Wandelbarkeit zu charakterisiren.

Ich nahm drei verschiedene Normen an, nach welchen die Ganglien auf die von den Centren getrennten Nerven ernährend und erhaltend wirken können.

1) Viele Ganglien wirken auf die mit ihnen verbundenen Fasern bipolar, sie erhalten die Ernährung nach beiden Seiten hin im centralen und im peripherischen Stumpf. So die Spinalganglien nach Waller, das Ganglion Gasseri und zum Theil der Plexus ganglioformis des Vagus nach meinen eigenen Versuchen. Mit dem anatomischen Bau erhalten sich auch die elektrischen Eigenschaften und wie mir endlich dieses Jahr erst direkt nach-

zuweisen gelungen (an der hintern Wurzel des 4ten und 5ten Lendennerven des Hundes) die vasomotorische Erregbarkeit. Bei den letzterwähnten Versuchen habe ich mich eines, in Frankreich mit Unrecht angefochtenen, Ergebnisses der Stricker'schen Untersuchungen dankbar bedient. Die Erregbarkeit wurde 3 Wochen nach Abtrennung der Nervenwurzeln untersucht.

2) Im Gegensatz hierzu gibt es Ganglien die nur nach einer, der peripheren Seite wirken, und die dem Ganglion anhängende Wurzel entartet allein, die Reizung wird erst wirksam sobald man von dem centraleren Theile aus aufs Ganglion oder seine Aeste kommt. In diesem Sinne deutete ich z. B. Budge und Waller's Ergebnisse am Pupillarsympathicus. Das Ganglion cervicale supremum wirkt hier unipolar. In dieser Deutung befinde ich mich in Uebereinstimmung mit Waller selbst. Budge hingegen bringt einige Bedenken dagegen vor.

3) Nahm ich Ganglien an, die in dieser Beziehung apolar d. h. gar nicht wirken sollten. Die Zweige entarten jenseits des Ganglion wenn die Wurzel diesseits getrennt ist. Hier möchte ich nur, in Berücksicktigung der neueren Fortschritte der mikroskopischen Nervenanatomie heute lieber sagen, dass der Ernährungseinfluss dieser Ganglien mit unsern bisherigen Mitteln noch nicht nachweisbar ist. Die Fasern, die aus dem Ganglion peripherisch abgehen, könnten marklose sein, und sind es wahrscheinlich. In diese Categorie gehören z. B. die mikroskopischen Ganglienhaufen in der Zunge und in der Lunge, die ich in den Jahren 1850 und 53 vielfach in dieser Beziehung untersucht hatte. Aber jedenfalls ist sicher, dass diese Ganglien auf die ihnen ein- und anliegenden markhaltigen Fasern durchaus nicht erhaltend wirken, und dieser Punkt ist es der uns heute interessirt.

Bei einem Hunde, dem auf der linken Seite die Ansa Vieuss. durchschnitten war und der mehrere Wochen am Leben erhalten wurde, zeigte es sich, dass das mittlere Cervikalganglion weder central noch peripherisch erhaltend auf die Nerven wirkt, die im sogen. Halsstrang zum Kopf aufsteigend die Bewegung der Pupille, des Augapfels und der Kopfgefässe beherrschen. Diese aller Voraussetzung widersprechende Beobachtung ist vorläufig noch nicht wiederholt worden [1]).

1) Seitdem habe ich sie mehrfach mit stets gleichem Erfolge wiederholt

Häufig hatte ich in meinen Arbeiten auf die grosse Wandelbarkeit der morphologischen Verhältnisse im Gebiete der Gangliennerven hinzuweisen. Es dürfte nicht sehr auffallen, dass die morphologische Wandelbarkeit sich in den verschiedenen Ganglien auch durch Veränderung der physiologischen Attribute ausspricht.

Wie aber wenn die Variabilität noch einen Schritt weiter ginge? Wir könnten uns vorstellen ohne mit bekannten Thatsachen oder der Analogie in Widerspruch zu gerathen, — ja sogar mit Unterstützung von Seiten der Letzteren — dass die Natur auch einmal dasselbe Ganglion bei derselben Thierspecies, je nach den Individuen diese drei Categorien durchlaufen liesse, ja noch mehr, dass möglicherweise dasselbe Ganglion desselben Thieres auf der rechten und linken Seite verschiedenen Categorien angehörte.

Die Thatsachen treiben uns vorläufig noch nicht zu dieser zuletzt ausgesprochenen Vermuthung.

Betrachten wir aber die ersteren in Bezug auf den Einfluss, welchen das mittlere Cervikalganglion auf die Ernährung der im Vagus enthaltenen Beschleunigungsfasern des Herzens ausübt, so heben sich die Widersprüche in den oben angeführten drei Versuchsreihen zu einem harmonischen Einklag auf, indem

Versuchsreihe A der Categorie 2
Versuchsreihe B der Categorie 1
Versuchsreihe C der Categorie 3

entspricht.

Diese Versuche mögen allerdings auf diesem Wege zu einem recht interessanten Resultat geführt haben, aber deshalb sind sie nicht begonnen und mit so vielem Eifer weiter geführt worden. Wir haben in ihnen wie man sich erinnern wird den Weg zu einem Experimentum crucis gesucht, das zwischen den Ansichten derer, welche die Acceleratoren des Herzens aus Rückenmark und Sympathicus entspringen lassen und jener anderen, welche die Quelle dieser Nerven früher vorzugsweise, seit einigen Jahren aber ausschliesslich im Vagoaccessorius sucht, entscheiden soll. Kann die Durchschneidung des Vagus auch die vollständigste am Halse, die

---

und kann dasselbe sogar in Betreff derselben Sympathikusfasern vom vereinigten untern Cervikal- und ersten Brustganglion behaupten. Die Ernährungscentra für den ganzen Halssympathicus liegen im Rückenmarkskanal. Für das functionelle Centrum war dies schon lange bekannt.

so mannichfach von einander abweichende Resultate liefert, als ein solches Experimentum crucis betrachtet werden? Gewiss nicht. Aber ich bitte zu bedenken, dass wir auch nicht gehofft haben in dieser Operation das Experiment sondern nur den Weg zum entscheidenden Experimente zu finden. Der Gedankengang war der, dass, wenn uns der in der Abhandlung „Altes und Neues" verfolgte Pfad nicht in die Irre geführt, wir auch erwarten dürfen, dass wenn Durchschneidung des Vagus wirklich dessen Aeste bis in die Brust hinein entarten macht, alle Acceleratoren dieser Körperhälfte, trotz ungestörten Zusammenhangs mit den Ganglien, ihren beschleunigenden Einfluss auf den Herzschlag gänzlich verlieren.

Die Versuchsbedingung war also, dass der Vagus entarte. Ueber diese Bedingung sind wir, wie sich zeigte, nicht Herr in der Weise, dass wir sie beliebig an jedem Thiere erzeugen konnten. Wo sie aber in Folge unseres Versuches erfüllt war, war kein Accelerator mehr vorhanden.

Dem zerstörenden Einfluss der Durchschneidung eines Nervenstammes können wohl einzelne besonders geschützte peripherische Fasern trotzen, aber Niemand wird behaupten wollen, dass ein Nervenast, der nach Durchschneidung einer bestimmten Wurzel unthätig werden und entarten kann, aus einer anderen, als aus dieser Wurzel entspringe.

Oder wollte man vielleicht annehmen, dass die Durchschneidung eines Vagus die Ernährung der Gebilde im Herzen so sehr umstimmen könne, dass der Accelerator dieser Seite, obwohl er an und für sich noch erregbar sei, im veränderten Herzen keinen Angriffspunkt mehr für seine Thätigkeit finde, während derselbe Nerv der anderen Seite seine Wirksamkeit gewahrt hat. Den meisten meiner Leser wird es wohl als eine ganz unnütze Abschweifung erscheinen, hier eine solche Hypothese zu besprechen. Ich erwähne ihrer nur, um anzudeuten, dass wenn ein solcher Einwurf versucht werden sollte, wenn man wähnen könnte, in meinen neuesten Versuchen über die Zungennerven eine Stütze für einen solchen Einwurf zu finden, ich auch vorbereitet bin den Kampf von dieser Seite her aufzunehmen.

Viel näher liegt ein anderer Einwurf, oder wenn man will, ein halber Einwurf. Man muss zugeben, dass bei den Hunden von der Reihe C, auf die sich hier mein Beweis stützt, alle Acce-

leratoren im Halsvagus an dem Punkte seiner Durchschneidung enthalten waren. Allein der Induktionsschluss von den drei parallelen Reihen ist doch nicht in der Weise zwingend, dass man nicht einer anderen Deutung folgend, für die Hunde aus der Reihe A, vielleicht auch B, einen verschiedenen Verlauf und Ursprung dieser Nerven annehmen könnte. Da, wo der Accelerator im Vagus der Durchschneidung dieses Nerven am Halse widersteht, könnte er möglicherweise, der jetzt noch sehr verbreiteten Vorstellung gemäss, aus dem Halsmark, dem unteren Ganglion und der Ansa Vieuss. in das mittlere Ganglion eingewandert sein, und sich hier zum Theil, ehe er zum Herzen tritt, in den N. vagus hinein verbreiten. Jede Parthei würde also Recht haben, aber nur für bestimmte Fälle, für einzelne Individuen. Ich will nicht darauf hinweisen, dass die von mir vertretene Ansicht viel einfacher und naturgemässer erscheint, als ein solcher Compromiss, der doch in den bekannten Thatsachen nur äusserst fernliegende Analogien findet. Ich weiss und manche Kapitel der Nervenphysiologie können uns lehren, dass was uns das einfachste scheint, oft gerade das am wenigsten naturgemässe ist. — Ich will keinen zu grossen Werth darauf legen, dass in den vielen Versuchen, die ich mit beiderseitiger Durchschneidung der Ansa Vieussenii gemacht, oder in denen ich rechts die Ansa mit dem unteren Cervikalganglion (archäistisch Sternganglion) herausgenommen und in denen die Thiere mehrere und bis zu 18 Monaten erhalten wurden, sich vom ersten Tage bis zur letzten Woche keinerlei Unregelmässigkeit oder Abweichung der Frequenz des Herzschlags zeigte. Ich will ferner davon abstrahiren, dass in den verhältnissmässig wenigen Fällen, wo einige Wochen nach Trennung der rechten Ansa die Untersuchung der sonst unverletzten Vagi (mit Curare) und ihre Prüfung auf beschleunigende Fasern gemacht werden konnte (die Versuche, die ich später einmal öffentlich besprechen werde, verfolgten ganz andere Zwecke), der rechte Vagus nicht nur am Halse Acceleratoren besass, sondern sogar noch seine Ueberlegenheit über den Nerven der linken, unverletzten Seite gewahrt hatte. Es hätten ja das zufällig alles Hunde von der Categorie C sein können, in denen die Ansa mit den Acceleratoren zugestandenermassen nichts zu thun hat.

Wenn aber bei einem Hunde, den die Reizung des seit längerer Zeit durchschnittenen Vagus unter die Reihe B stellt, die

Acceleratoren im Vagus noch reizbar bleiben, noch wirken, trotzdem dass seit längerer Zeit auch die Ansa Vieussenii dieser Seite durchschnitten worden ist, dann muss ein Compromiss durch die eben angeführte Hypothese aufgegeben werden. Man erinnert sich, dass diese Hypothese entstand, weil man meiner Parallelisirung der drei Versuchsreihen an Hunden mit den drei Categorien des Ganglieneinflusses seine Zustimmung versagte. Einem Versuche, wie dem eben postulirten gegenüber, konnte sich die fragliche Hypothese nur mit Berufung auf die äussersten Gränzen des möglich erscheinenden und auch dann nur aufrecht erhalten, wenn sie meine Trias der Ganglienwirkung wieder annimmt, aber sie von den Vaguskugeln des Ganglion medium auf dessen Ansenkugeln überträgt. D. h. sie könnte nur dann ihre Möglichkeit behaupten, wenn sie sich selbst als grundlos und überflüssig erklärt.

Es handelt sich also darum zu prüfen, ob Versuche, wie der eben postulirte, möglich sind.

Zu diesem Behufe wurden einer Reihe von Hunden der rechte Vagus am Halse vollständig und gleichzeitig die Ansa Vieussenii in der Nähe des mittleren Ganglions getrennt. Die Autopsie zeigte jedesmal, dass die beabsichtigte Verletzung wirklich gemacht war und wir fanden in der That unter diesen Hunden einige, die trotz der Durchtrennung der Ansa zur Reihe B gehörten. un drei Hunden haben wir Versuche, ähnlich dem folgenden.

Hund (O. 250). Drei Wochen nach der angegebenen Operation wird ohne Curare und Aether die med. oblongata rasch hoch oben so getrennt, dass automat. Respiration fortbestand. Der linke Vagus getrennt. Anfangs künstl. Respiration, wird bald aufgehört. Als der Puls regelmässig geworden, fixirte er sich längere Zeit auf 28½ in 8 Sek. Zeiteinheit 4 Sekunden.

Reizung des rechten Vagus 11 cm über dem Ganglion.
8 Sek. Reiz. 31½ Pls. in 8 Sek.
16 „ „ 35 „ „ 8 „
Reizdauer 27 Sek.
8 Sek. nach Reiz. 34 Pls.
16 „ „ „ 30 „
24 „ „ „ 30 „
Pause 180 Sek.
16 Sek. vor Reiz. 27½ Pls.
8 „ „ „ 27 „
Reizung stärker ebenda.
Dauer 28 Sek.
8 Sek. Reiz. 33 Pls. in 8 Sek.
8 „ nach „ 31½ „
16 „ „ „ 30 „
40 „ „ „ 29 „
48 „ „ „ 28½ „
56 „ „ „ 27½ „
Pause 180 Sek.
16 Sek. vor Reiz. 27½ Pls.
8 „ „ „ 27 „
Reizung 7½ cm vom Gangl. (parunipolare Vorrichtung).
Dauer 36 Sek.
8 Sek. Reiz. 31 Pls. in 8 Sek.

16 Sek. Reiz. 33 Sek. in 8 Sek.
24 „ „ 31 „ „ 8 „
36 „ „ 34 „ „ 8 „
8 „ nach „ 33 „
16 „ „ „ $32^1/_2$ „
24 „ „ „ 29 „
32 „ „ „ $27^1/_2$ „

Lange Pause.

16 Sek. vor Reiz. 28 Pls.
8 „ „ „ $27^1/_2$ „

Reizung des Ganglion med.

8 Sek. Reiz. $27^1/_2$ Pls.
16 „ „ 35 „
24 Sek. Reiz. $29^1/_2$ Pls.
32 „ „ $29^1/_2$ „
8 Sek. nach Reiz. 43 Pls.
16 „ „ „ 36 „
24 „ „ „ 30 „
32 „ „ „ 29 „
40 „ „ „ $27^1/_2$ „

Pause 116 Sek.

16 Sek. vor Reiz. 27 Pls.
8 Sek. vor Reiz. 27 Pls.

Reizung des Ganglion stärker.

8 Sek. Reiz. 43 Pls. in 8 Sek.
16 „ „ 45 „ „ 8 „
24 „ „ 47 „ „ 8 „
32 „ „ 48 „ „ 8 „
16 „ nach „ 46 „
24 „ „ „ 40 „

Die anderen Versuche waren ganz analog, haben aber bei der Reizung des Ganglion keine so starke Vermehrung gegeben. Der vorstehende Versuch ist das non plus ultra der Vermehrung, die ich bis jetzt erlangt habe. Acht und vierzig Pulse in 8 Sekunden sind 6 Pulse in einer Sekunde. Man sieht also, der Accelerator hatte durch Zerstörung der Ansa von seiner Kraft nichts eingebüsst.

Auch noch andere Versuche sprechen laut gegen die Annahme, dass in Hunden von der Categorie B ein Theil der Acceleratoren vom Rückenmark durch die Cervikalganglien gehe. Bei mehreren dieser Hunde habe ich nach vollständiger Durchschneidung und Reizung beider Vagi die künstliche Athmung mit Aether gemacht und beide splanchnici oder das Rückenmark zwischen dem 3. und 4. Brustwirbel durchschnitten. Darauf wurde das untere verlängerte oder das obere Cervikalmark electrisch und mechanisch wiederholt gereizt, ohne Vermehrung der Pulsfrequenz. Hier hätte sich doch schon die Gegenwart weniger Acceleratoren zu erkennen geben müssen. Diese aus den letzten Jahren stammenden Versuche sind ähnlich einigen anderen, die schon in „Altes und Neues“ 1873 beschrieben sind.

Aus Allem vorhergehenden ergibt sich nun auf's Neue die Folgerung, dass trotz variabler Reizbarkeitsverhältnisse die sogen. Acceleratoren des Herzschlags nichts anderes sind, als die den Herzschlag bethätigenden Fasern im Vagusstamm, deren Existenz

wir seit 30 Jahren erkannt und seitdem unablässig und unerschütterlich vertreten haben.

Anhang I.

Matteuccis Untersuchungen haben bekanntlich zu dem Resultate geführt, dass wenn man einen dünnen Metallfaden von beliebiger Länge mit einer Schicht eines Elektrolyten umgibt, der in einem porösen Stroma, z. B. umgewickeltem Wollfaden oder Papier enthalten sein kann, und wenn man durch einen kleinen Abschnitt dieses umwickelten Fadens den genügend starken Strom einer galvanischen Kette leitet, der Faden in seiner ganzen Länge elektromotorisch wirksam wird. Er wird überall von Strömen durchflossen, die in jeder Beziehung den elektrotonischen im Nerven gleichen. Nur in Betreff einiger Verhältnisse, welche die relative Schnelligkeit der Entwicklung und die Stärke des Stromes an beiden Polen betreffen, zeigen viele, aber, wie ich gelegentlich gefunden, nicht alle Metallkombinationen mit Elektrolyten Verschiedenheiten von den Regeln, welche nach Du Bois interessanten Erfahrungen für den Nerven gelten [1]).

Richtung und Stärke des Stromes, welcher im Faden in einer gewissen Entfernung von der erregenden Kette, oder am Ende des Fadens vorhanden ist, kann man nach zwei verschiedenen Methoden erkennen. Matteucci bediente sich dazu des Galvanometers. Ich selbst habe schon vor 10 Jahren (Nuovo Cimento. Aprilheft 1868) die Wirkung des sekundären Stromes, erzeugt in einem mit Elektrolyten umhüllten Metallfaden, durch den an einem Ende in kurzer Spannweite ein Kettenstrom ging, durch einen am andern Ende der Achse des Drathes parallel angelegten Froschnerven geprüft. Wie zu erwarten, entstand bei jedem Schluss des genügend starken primitiven Stromes eine Zuckung im Froschmuskel, der mit dem dem andern Drathende angelegten Nerven in Verbindung stand

1) Angedeutet habe ich die in dieser Beziehung erhaltenen Resultate in Zeitschrift für Biologie, 1872, p. 94 (München. 1872). Die dort versprochene weitere Mittheilung wurde nie gemacht, weil die Theilnahmslosigkeit der Physiologen an elektrobiologischen Fragen mich nachgerade anfing zu ärgern.

und es war leicht nachzuweisen, dass man hier nicht die Wirkung von Stromschleifen im gewöhnlichen Sinne vor sich hatte.

Der Nerv verhielt sich in den von mir untersuchten Fällen wie eine Nebenschliessung zum Strom im Faden. D. h. wenn der polarisirende Strom zum Nerven hin gerichtet ist und das andere Ende des Drathes dem peripherischen Theil des Nerven anliegt, so waren die Zuckungen so, wie wenn der Nerv von einem aufsteigenden Strom durchflossen gewesen wäre. Ich konnte diese Art paradoxer Zuckung durch Platindräthe von nahe ein Meter Länge erhalten. Es zeigte sich auch, dass ein so anliegender Nerv nach der Schliessung, während der Strom im entgegengesetzten Ende des Drathes kreist, alle Veränderungen der Reizbarkeit zeigt, die einem in resp. Richtung von konstantem Strome durchflossenen Nerven zukommen. Es waren also in dieser Weise paradoxe Zuckungen zu jeder Zeit von einem auch wenig reizbaren Nerven zu erhalten, wenn nur der polarisirende Strom gehörig verstärkt wurde.

Die in vorstehender Arbeit enthaltenen Beobachtungen legten mir die Frage nahe, ob, wenn man zwischen den beiden Enden eines solchen umwickelten Metalldrathes Verzweigungen oder seitliche Achsenfortsätze anbringt, ohne die Achse selbst dadurch zu unterbrechen, der elektrische Strom, welcher an einem Ende durch Galvanisirung des andern entsteht, schwächer oder stärker werde, je nachdem man die Seitenachsen verlängert oder stark verkürzt.

Diese Frage ist nicht ganz neu.

Ausserhalb Italiens hat sich Hermann zuerst 1872 mit der physikalischen Theorie des Elektrotonus beschäftigt und die eben erwähnten Versuche aufgenommen, theilweise ergänzt und fortgesetzt. In seiner Arbeit (Ueber eine Einwirkung des elektrischen Stromes auf Nerven und Muskeln. Dieses Arch. V u. VI) erörtert er auch theoretisch und experimentell die Frage, welchen Einfluss Seitenzweige auf die Stärke des elektrotonischen Stromes haben, wenn sie dem Hauptfaden des elektrotonischen Schemas seitlich angesetzt werden. Er kommt bereits zu dem Resultate, dass eine Seitenverzweigung des ganzen Schemas den Strom schwächt, wenn der Seitenzweig zwischen der galvanisirten und der untersuchten (abgeleiteten) Stelle des Schemas angebracht ist, und ihn mehrt, wenn die abgeleitete Stelle zwischen der polarisirenden und dem Seitenzweig liegt.

Dieses Resultat hätte uns genügen können, wenn wir nicht gewünscht hätten, dem Schema eine andere Gestalt zu geben. Hermann liess einen einfachen centralen Strom sich ramifiziren. Wir fragten uns, wie sich die Verhältnisse gestalten, wenn, wie in den Nerven, gar keine eigentliche Ramifikation der Metallfäden stattfindet, sondern von mehreren parallelen, sehr dünnen, mit Elektrolyten umgebenen Metallfäden, die an der Wurzel zusammen einen Strang bilden, der galvanisirt wird, sich vor der geprüften Stelle einige Fäden von grösserer oder geringerer Länge seitwärts abbiegen, so dass sie nicht in die geprüfte Strecke hineinragen. Wir fragten uns: Vermehrt vorsichtiges Verkürzen, resp. Abschneiden dieser abgebogenen Fäden den Strom an der geprüften Stelle?

Wir wählten 4 oder 6 sehr dünne Kupferdrähte, von denen jeder einzeln mit dünner, in schwacher Salzlösung getränkter Wolle umgeben und die mit Wolle zu einem dünnen Strange zusammengebunden waren. Ein und ein halb Centim. über dem Ende wurden 2, und ½ cm höher oft noch 2 andere Fäden frei abgebogen und die zwei übrigen, an denen immer die abgeleitete Stelle lag, wurden mit Spiraltouren der Wolle bis zum Ende aneinander geschlungen. Das Ganze wurde zuerst noch einmal in Salzwasser gebadet und dann zum Versuche am Galvanometer oder am Nervmuskelpräparat des Frosches benutzt. Die Kette bestand aus 4 bis 10 sehr kleinen Daniell (einmal 18 Daniell), die längere Zeit vor dem Versuch hergerichtet waren.

Beim Galvanometerversuch lag das Präparat in feuchter Kammer, die Aeste und Kontakte wohlbefestigt auf dichtem Kork, der vorher mit geschmolzenem Wachs behandelt war. Die 4 unpolarisirbaren Elektroden trugen Spitzen aus Thon, der vorher mit derselben Salzlösung geknetet war, die als Elektrolyt die Dräthe umgab. Ein Compensator hielt den Nullpunkt fest in den Fällen, wo bei Verbindung mit dem Galvanometer der fast aperiodische aber nicht zu sensible Spiegel eine Ablenkung machte. Dann wurde polarisirt durch Schluss der Kette und das Ganze so eingerichtet, dass die Ablenkung des Spiegels durch 9 bis 12 Compensatorgrade wieder auf Null geführt werden konnte [1]). Dies

1) Diese geringe Anzahl von Graden, die der Uebersichtlichkeit schadet, wurde hier nur aus rein persönlichen Gründen gewählt. Diese Versuche

wurde im Laufe einiger Stunden mehrfach wiederholt und es wurden nur diejenigen Fälle weiter geprüft, in denen die Stellung des Compensators während der Compensation nach Schliessung der Kette ungefähr die gleiche war und der Nullpunkt eine Minute nach der Schliessung während 1 bis $1\frac{1}{2}$ Minuten nahezu eingehalten werden konnte, was bei absteigendem Strome (negativer Pol der Kette gegen die geprüfte Stelle hin) leichter gelang, als beim aufsteigenden. (Im Nerven findet man in dieser Beziehung gerade das Gegentheil.) Dann machte ich erst, wie wenn ich die Seitenäste abschneiden wollte, und, wenn dies keine Aenderung bewirkte, schnitt ich sie wirklich ab. Die Folge davon war, dass jetzt die Ablenkung des Galvanometers jenseits der Aeste so viel stärker wurde, dass man zur Compensation im Mittel aus 5 Versuchen $1\frac{2}{3}$ Grade (doppelte Millimeter) des Compensators mehr brauchte, als vorher. Die Compensatorlänge vorher war, wie gesagt, 9 bis 12 doppelte Millim. Nach dem Abschneiden der Seitenzweige war zuzufügen 6 — 1 — 4 — 4 — 2 mm in den 5 Versuchen, die den Voraussetzungen entsprachen, das ist im Mittel 3,4 mm, also $1\frac{2}{3}$ Grade. Natürlich wurde die, meist in raschem Abnehmen begriffene, ursprüngliche Compensation (d. h. die ohne Galvanisirung erforderliche) vor und nach jedem Versuche geprüft, berichtigt und in Rechnung gezogen. Gewöhnlich konnte sie nach einigen Versuchen und vor dem entscheidenden ganz weggelassen werden.

Mit diesen an sich klaren aber wenig anschaulichen Resultaten noch nicht zufrieden, versuchte ich den Froschnerven mit dem Gastrocnemius in derselben Weise als Prüfungsmittel anzuwenden, wie ich dies bereits vor 10 Jahren gethan hatte, nur dass ich die Schliessung der Kette, die auf den Metalldraht wirkte, nicht mehr wie damals mit der Hand, sondern mit dem Fallaparat mit Platinspitzen vornahm, dessen bereits in den Archives des sciences physiques vom vorigen Jahre (1877) bei Gelegenheit der Lautenbach'schen Versuche Erwähnung gethan wurde. Die

---

sind, wie der Kundige leicht sieht, durch die Lektüre der Stricker'schen Arbeit inspirirt, sind daher ein Produkt der letzten Tage. Ich bediene mich eines geraden Compensators. Nun leide ich gerade, seit ich die erwähnte Arbeit besitze, an einem lästigen Rheumatismus im Oberarm und ich wollte mir die Unannehmlichkeit langer Verschiebungen am Drathe ersparen.

manchmal über zwölf Centimeter langen Seitenzweige ragten wenigstens an ihrer Wurzel frei in die Luft, damit man ohne Verschiebung die Scheere unter sie führen konnte. Die Sehne des auch im Knie mit einer Nadel angesteckten Muskels bewegte den Zeiger des Marey'schen Muskelhebels, der seine vergrösserte Zuckungshöhe auf eine Walze schrieb, die mittelst einer Korkscheibe mit der Hand bewegt wurde. Der Nerv lag eine Strecke weit mit seiner Länge nach den beiden Metalldräthen jenseits der Verzweigung an. Die Entfernung des Nerven von der gereizten Stelle des Drathbündels betrug 1 bis $1^1/_5$ Centimeter. Es ist nur entweder der Erfolg der Oeffnung oder der Schliessung der Kette aufgeschrieben. Andere Versuche, in denen die beiden Phasen notirt wurden, sind weniger übersichtlich und ich theile sie hier nicht mit [1]).

Auf Tafel IV gebe ich meine besten Stücke. Bei a beginnt die Reihe der Polarisationsversuche, bei c werden die Seitenzweige abgeschnitten. In Fig. 4 bei 00 sind sicher, bei den andern 0 wahrscheinlich aus Unvorsichtigkeit Oeffnungs- resp. Schliessungserregungen mit unterlaufen. Ich habe ausser der Kette auch den Induktionsapparat versuchen wollen, habe aber bis jetzt weder vor noch nach Abtrennung der Seitenzweige Zuckungen erlangt. Wahrscheinlich ist die Polarisationswirkung für diese groben Versuche zu schwach. In Fig. 3 Eisendraht. 2 Nebenzweige, einer von 35, einer von 85 cm Länge.

Gegen den Verdacht, dass Stromschleifen mich betrogen hätten, habe ich bei diesen Versuchen zwar keine, aber bei früheren analogen Versuchen (ohne Ramification) viele Controllversuche in's Feld zu führen. Wenn übrigens ein solcher Einwurf gemacht, wenn er bewiesen werden sollte, so ist damit der Zweck dieser Versuche keineswegs vereitelt, und meine wesentliche Folgerung ist dennoch zuzugeben. Denn was für Stromschleifen ganz im Allgemeinen wahr ist, kann für die elektrotonische (paradoxe) Nebenleitung nicht geleugnet werden, da sich diese beiden nur in ihrer Entstehung, nicht in ihrer Natur unterscheiden.

---

1) Bei den hier gegebenen Copien ist die Seitenabweichung durch die Kreisbiegung des Hebels korrigirt.

Die wesentlichen Folgerungen aus diesen Versuchen sind:

1) Die elektrotonische Nebenleitung nach einem Punkte des Nervenstammes kann vermehrt werden durch Abtrennung von Seitenästen, die vor diesem Punkte und unterhalb der Reizungsstelle vom Nerven abgehen.

2) Wo nach irgend welcher elektrischer Reizung eines mehrfach-ramificirten Nervenstammes Bewegungen auftreten im scheinbaren Gebiete einer entfernten Abzweigung A, welche unterdrückt werden nach Unterbindung des Stammes zwischen A und der Reizstelle mit einem feuchten Faden, hingegen deutlich oder stark erhöht werden nach Durchschneidung der Aeste B, C, D . . . ., welche zwischen A und der Reizstelle abgehen, ist dringender Verdacht vorhanden, dass wir es nicht mit einer direkten Nervenwirkung, sondern mit elektrotonischer Nebenwirkung zu thun haben. Aus einem solchen Versuche dürfen keine physiologischen Schlüsse gezogen werden, bis dieser Verdacht beseitigt ist.

Solche Versuche könnten aber in geeigneten Fällen vielleicht einmal im Interesse der Anatomie zu verwenden sein, zur Analyse von manchen Plexusbildungen.

Anhang II.

Ich habe angegeben, dass bei Hunden und Katzen von den Wurzeln des untersten Cervikalganglions aus keine Einwirkung auf die Pulsfrequenz zu erzielen ist, wenn man den Vagus am Halse vollständig durchschnitten hat. Ich hätte sogar sagen dürfen, dass die vom Rückenmark getrennten Wurzeln dieses Ganglions (auch die Vertebralnerven) diesen Einfluss nicht zeigten wenn die recurrentes allein durchschnitten waren. Hingegen gibt Bezold an, bei Kaninchen eine, allerdings in der Regel mässige Pulsvermehrung erlangt zu haben, wenn er die dem Sternganglion noch anhängenden Aeste zum Vertebralgeflecht reizte.

Bei meinen gewöhnlichen Versuchsthieren habe ich, wie mehrfach angegeben, niemals eine Beschleunigung des Pulses gesehen, wenn nach vollständiger Durchschneidung beider Vagi und mit Vermeidung der Druckerhöhung (durch Lähmung des splanch-

nici oder des Dorsalmarkes unter dem 3ten Wirbel) das verlängerte oder das Cervikalmark mechanisch oder elektrisch gereizt wurde.

Bei Kaninchen hingegen habe ich nach dem eben angegebenen Versuch bei elektrischer Reizung des Halsmarkes in wenigen Fällen noch eine sehr schwache Vermehrung der Pulsfrequenz gefunden, wobei freilich auch der Blutdruck, trotz der Cautelen, etwas in die Höhe stieg. Ich glaubte deshalb anfangs für Kaninchen eine Reserve machen zu müssen, um nicht mit, freilich vereinzelten, positiven Beobachtungen in Widerspruch zu gerathen. Nun konnte ich mir allerdings nicht denken, dass die Variabilität im Gebiete der Nervenvertheilung und die Inkonsequenz der Natur so weit gehen könne sich an einem Verhältnisse zu vergreifen, das wir mit einigem Recht als prinzipiell betrachten, dass sie nämlich bei einem Thiere Herznerven durch das Cervikalmark und die untern Ganglien schicke, die bei den andern Säugethieren sich allein im System des Vagus befänden. Es konnte sich hier vielmehr, bei Beibehaltung des allgemeinen Princips, welches die bewegenden Herznerven in den Wurzeln des Accessorius sich sammeln lässt, um ein ganz untergeordnetes Verhältniss handeln. Die Wurzeln des Accessorius, auf deren Bau ich schon früher, bei Besprechung der Herzinnervation der Kaninchen, hingewiesen (Altes und Neues pg. 83), konnten, noch ehe sie zu einem Stamme zusammengetreten sind, im Innern der Wirbelsäule einige Primitivfäden den Nerven zusenden, welche die Arterien umgeben die seitwärts das Halsmark begleiten. Von hier aus würden die Fäden gegen die Eintrittsstelle der Wirbelarterie mit den nervis vertebral verlaufen, welche letzteren ja bekanntlich die beiden Wurzeln des Gangl. cerv. infer. abgeben, die von Bezold als radix longa und brevis bezeichnet, einen Einfluss auf die Frequenz des Herschlags zu haben scheinen.

Wer nur mit der Anatomie des Menschen vertraut ist, wird eine solche Hypothese sehr gezwungen finden, anders aber, wer die starke im Verhältniss zum Menschen fast kolossale Entwickelung der Nervi vertebr. bei vielen Thieren kennt. Bei Kaninchen bilden sie im Vertebralkanal ein wahres Geflecht, dem man sogar vorgeschlagen hat, den Namen eines Sympathikus profundus zu geben.

Ist diese oder eine ähnliche Ansicht richtig, so erklären sich die Resultate Bezold's und zugleich diejenigen, welche andeuten, dass bei Kaninchen eine elektrische Reizung des Halsmarks noch nach Durchschneidung der Vagi am Halse, nach vollständiger Durchschneidung, eine leichte Vermehrung des Pulses herbeigeführt habe. Bei der unbekümmerten, ja oft leichtfertigen Art, mit der man heut zu Tage die elektrische Reizung des Markes vorzunehmen pflegt, können sehr gut Stromabzweigungen auch das Nervengeflecht der Vertebralis in der Wirbelsäule treffen, und die etwa in ihnen vorhandenen Herznerven erregen.

Wenn auf diese Weise der einzige wirkliche Widerspruch, der gegen die Verallgemeinerung meiner Ansichten auftritt, sich lösen soll, so muss das Mark, verlängertes wie Halsmark, jedenfalls allen direkten Einfluss auf das Herz verlieren, wenn man die Accessorii, statt am Halse, nach der zuerst von Bernard geübten Methode im Wirbelkanal zerstört, d. h. wenn man sie mit allen ihren Wurzeln aus dem Kanale herauszieht. Diese Methode hat bei Kaninchen, die man am Leben erhalten und bei denen die Operation sich auf den Accessorius allein beschränken soll, das Bedenkliche, dass die Autopsie später oft ungewiss lässt, ob die Operation wirklich so vollständig ausgeführt worden, wie man beabsichtigte. Wo es aber, wie in den jetzt auszuführenden Versuchen, erlaubt, ja geboten ist, mit den Wurzeln der beiden Accessorii auch die der Vagi zu fassen und abzutrennen, hat die Operation gar keine Schwierigkeiten mehr und gelingt bei vorsichtiger Ausführung auf beiden Seiten immer und leicht.

So habe ich die Zerstörung an 4 Kaninchen gemacht, von denen zwei aetherisirt waren, während den beiden andern zur vollständigeren Anästhesirung das Hirn im Niveau des hinteren Randes des Pons abgetrennt war. Die Drucksteigerung durch Halsmarkreizung war bei zweien durch Marktrennung am 3. Dorsalwirbel möglichst (?) beschränkt worden, bei den andern nicht. Die Thiere wurden dann bei künstl. Athmung curarisirt und das Halsmark wurde mit ziemlich genäherten, in der Mittellinie eingebrachten Nadeln und mechanisch mehrfach gereizt. Es war hier keine Spur von Vermehrung der Pulsfrequenz vorhanden, sie fehlte sogar glücklicherweise bei den Kaninchen, bei welchen die Drucksteigerung voll zu Tage trat. Das an den letzteren erhaltene gün-

stige Resultat schreibe ich der grossen Schonung bei den vorbereitenden Operationen zu, die Blutverlust ängstlich, so viel es anging, vermied. Nur die Bloslegung des verl. Markes kostete einige Blutstropfen.

In einem Reizversuch mit Induktionsströmen, in welchem der eine Poldrath absichtlich nicht in's Mark, sondern in die Höhe des 4. Cervikalwirbels seitlich vom Mark in den Knochen eingestossen wurde, haben wir die schwache Pulsvermehrung erhalten, welche in anderen, richtig ausgeführten Markreizungen bei demselben Thiere, wie bei den andern vermisst wurde.

Wir dürfen also — freilich nur mit dem Grade der Sicherheit, den 4 übereinstimmende Versuche gewähren — behaupten, dass in Betreff der herzerregenden Nerven die Kaninchen nicht wesentlich von den anderen untersuchten Säugethieren abweichen.

Anhang III.

Oben im Text wurde angegeben, unter welchen bis jetzt bekannten Bedingungen man nach Durchschneidung der Vagi und laryngei am Halse noch durch Markreizung eine Vermehrung der Pulse erhalten, ja unmittelbar vor der Reizung vorhersagen kann. Hier ein Beispiel und ich wähle eines a fortiori, in welchem nicht nur die wirklichen, sondern auch alle vermeintlichen Acceleratoren vom Marke abgetrennt waren. Es wurden einem Hunde nämlich die beiden Vagi am Halse vollständig durchschnitten und beiderseits das mittlere und untere Cervikalganglion, letzteres nach der 1855 beschriebenen Methode mit der ganzen Ansa Vieussenii herausgenommen. Die Ganglien gingen bei den anwesenden Herren von Hand zu Hand und konnten später auf die Anwesenheit aller Ausstrahlungen unter Wasser untersucht werden: Der Hund, bei der Operation aetherisirt, wurde später curarisirt. Künstl. Respiration. Die Brustaorta wurde komprimirt. Die Compression dauerte im Ganzen $10^1/_2$ Minute. Man fing erst 9 Minuten nach Beginn der Compression zu schreiben an.

	Frequenz	Druck		Frequenz	Druck
Compression	24	190	Stylet in d. med. oblongata	21	190
Oeffnung der Aorta . .	—	46	" " "	21	204
42 Sek. nach Oeffnung .	22	60	" " "	25	210
78 " " "			" " "	27	220
Druck hebt sich			" " "	27	210
90 Sek nach Oeffnung .	21	80	" " "	26½	210
168 " " " .	21	182	" " "	24	200
318 " " " .	20½	140	" " "	24½	180
384 " " " .	20	150	" " "	23½	172
Flüchtige Compress. des			" " "	23½	172
Bauchs	—	186	" " "	23	168
402 Sek. nach Oeffnung .	21	134	" " "	22	160
420 " " " .	21	152	" " "	22½	160
453 " " " .	—	180	Pause der Beobacht. 58 Sek.		
465 " " " .	21	136		21	148
591 " " " .	21	140		21½	148
Dann	21	140			
	21				
	20½				

Mechanische Irritation des Cervikalmarkes, das durch Trituration mit der Sonde zerstört wird.

	Frequenz	Druck		Frequenz	Druck
	21½	200		20½	150
	21½	202		21	184
	23½	220		22	124
	25½	224		21½	118
	26	216		20	110
	26	210		20	108
	26	180		21	100
	24	160			

Hier nun ein Parallelversuch an einem Hunde, bei dem das Ganglion nicht exstirpirt, aber die Vagi und laryngei durchschnitten waren. Das verl. Mark ist vom Hirn abgetrennt und ein Querschnitt theilt das Dorsalmark zwischen 3tem und 4tem Rückenwirbel. Für die Compression die Brustaorta präparirt. Die Zeiteinheit für die Beobachtung und Pulse ist sechs Sekunden.

	Frequenz	Druck		Frequenz	Druck
Vor der Compression .	20	—	Compress. Brustaorta .	23	170
" " " .	20	—	" " .	22	180
" " " .	20	—	" " .	24½	185
" " " .	20	100	" " .	23½	—

	Frequenz	Druck		Frequenz	Druck
Compress. seit 90 Sek.	25	145	6 Sek. vor Reizung	23	—
„ „ 222 „	22½	110	Dauer der Reizung 40 Sek.		
„ „ 312 „	23	100	Ende der Reizung	25	—
„ „ 318 „ wird gelöst.			Später	25	40
Fall des Druckes auf	24½	45	Vor neuer Reizung	22	—
8 Sek. nach Oeffnung	25	45	Reizung (elektr.) des Cervikalmarks	22	—
Nun steigt der Druck und ist 30 Sek. nach Oeffnung	28	80	Ende der Reizung	22	—
36 „ „ „	28	—	Vor Reiz. des untern Cervikalmarks	23	—
Dann	26½	—	Reizung	22½	32
70 Sek. nach Oeffnung	24½	50	„	24	40
Elektrische Reizung des Cervikalmarks.			Ende der Reizung	23½	40
			Später	22½	—

Der Unterschied in diesen beiden Versuchen liegt hauptsächlich darin, dass in dem ersten Versuche, in dem die Markreizung Vermehrung ergab, zwischen der Compression und der Reizung die Frequenz sich wesentlich gleich blieb, während im 2ten Versuch eine positive Schwankung der Frequenz, zwischen Oeffnung der Aorta und der Reizung vorhanden war[1]).

Anhang IV.

Verzeichniss der Thiere, an welchen bis jetzt durch Reizung des Vagus oder seiner Aeste Vermehrung des Herzschlages beobachtet worden ist.

A. Fische: Raja Pastinaca (in Viareggio 1864, Beobachtung gemeinsam mit Matteucci. — Cyprinus sp.? Hoffmann: Erregung des durch Wärme ruhend. Herzens vom Nerven aus).

Tinca chrysites Agass. (in Florenz).

B. Amphibien: Hemisalamandra marmorata Dug. (durch Thomas in Nantes nach Frankfurt geschickt).

Rana fusca (Roesel) = platyrhyncha Steenstr.

Rana oxyrhyncha Steenstr. (Norddeutschland).

Rana agilis Thom. (in Pisa).

Pelophylax esculentus Fitz.

1) Eben bemerke ich nachträglich, dass dieser zweite gar kein rechter Parallelversuch ist, denn es war hier die Drucksteigerung bei der Reizung vermieden. Ich besitze andere mit Drucksteigerung in Menge ohne Pulsvermehrung. Aber meine Schreibgeduld ist zu Ende. — Später das Weitere.

Bufo cinereus.
Bufo calamita.
Pelobates fuscus (in Paris).
Bombinator igneus (Frankfurt, Bern).

C. Reptilien: Lacerta agilis (in Deutschland und in Bern.)
Lacerta (Podarcis) muralis (Florenz).

Vermuthlich dieselbe Eidechse, an der Albini u. Panceri einmal bei einer Demonstration statt des erwarteten Stillstandes bei Vagusreizung Vermehrung sahen.

Zammenis viridiflavus (in Florenz).

Testudo graeca (im Laborator. des Dr. G. Sée im Hospital Beaujon in Paris). Ich hatte erst das Herz mit Eis umgeben, um es nahezu und in einem der Versuche gänzl. zum Stillstand zu bringen und dann wurde vom Vagus aus Bewegung angeregt. Je ein momentaner Reiz bewirkte eine Contraktion und später als das Herz fortschlug, Vermehrung der Frequenz.

Emys europaea (aus Venedig nach Florenz gebracht).

Chelydra serpentina (in Philadelphia). Versuche von Mitchell und Morhouse. In einer schönen Arbeit über „Anatomy and Physiology of respiration in the Chelonia" (Smithsonian Contributions to Knoledge 169) bemerken die Verfasser Seite 37: Galvanisation of the pneumogastric nerve in turtles arrests the hearts movements. Gentle irritation of the trunc causes the heart to beat more rapidly. (Washington 1863.)

Seeschildkröten: Fasce und Abbate sahen, wie sie in Giornale di sicenze naturali ed economiche III Palermo 1867 p. 161 mittheilen, bei Chelonia Couanna durch Reizung des Vagus nie Vermehrung der Herzschläge, sondern nur Stillstand und Verlangsamung. Fasce wundert sich dessen um so mehr, da er bei Hunden und Katzen die Vermehrung des Pulses durch Vagusreizung früher in meinem Laboratorium in Florenz öfter gesehen und sie auch in Palermo bei Hund und Kaninchen selbstständig wieder vom genannten Nerven aus hervorgebracht hatte. Hierdurch aufgefordert habe ich mir selbst im Jahre 1868 zwei Seeschildkröten derselben Art verschafft und es war auch mir trotz jahrelanger Uebung unmöglich, die richtige Stromstärke zu finden, welche vom isolirten Nerven aus Beschleunigung hervorruft, obschon der

Stillstand durch Stromstärken hervorgerufen wird, die nicht hinter den bei jüngeren Säugethieren erforderlichen merklich zurückstehen.

D. Vögel. Otus brachyotos } nach Zerstörung der Gehirnlappen.
Pernis apivorus } Frankfurt 1849.

E. Säugethiere: Canis familiaris.

Felis maniculata domest. Rüpp. (d. h. die gemeine Katze). An diesen beiden Thieren ist der Versuch mit Erfolg wie am Kaninchen schon seit dem Ende der 40er Jahre gemacht worden. Lautenbach hat in Philadelphia gefunden, dass es bei diesen beiden Thieren eine bestimmte Epoche des Foetallebens gibt, in welchem auch sehr starke Induktionsreizungen der beiden Vagi am Halse (1 Leclanché, übereinandergeschobene Rollen des Schlittenapparates) keine Verlangsamung oder Stillstand, sondern nur Beschleunigung des Pulses hervorruft. In Betrachtnahme der bekannten Versuche von Soltmann an neugeborenen Hunden kann man sich vorstellen, dass die Thiere von Lautenbach ohne experimentelles Zuthun unter ähnlichen Bedingungen befindlich gewesen seien, wie die Frösche (Accadem. d. Lincei 1877. Arch. des sciences phys. Juillet 1878, p. 20), denen ich das Herzblut durch Salzlösung ersetzte. Auch hier war vom Vagus nur Vermehrung der Pulsfrequenz zu erzeugen.

Vespertilio murinus (Genf 1878).

Erinaceus europaeus (Sommer und Winter).

Capra aegagr. domest. (Bern.)

Lepus cuniculus. Ausser der elektrischen Reizung, die bei diesem Thiere schon lange geübt worden war, hat Moleschott (Zürich 1868) bei diesem Thiere mit Glück noch mannichfaltige andere Reizungsmethoden der Vagi versucht.

Cavia cobaya (Frankfurt 1852).

Mus decumanus.

Arctomys Marmotta. Versuche mit positivem Erfolg von Valentin im Winterschlafe angestellt. Moleschott's Untersuchungen. IX. Winterschlaf der Murmelthiere. 11. Abhandl. Separatabdr. p. 20. Auch hier bewirken stärkere Induktionsschläge Verlangsamung und Stillstand.

Herr Lautenbach theilt mir mit, dass es ihm bei einem nordamerikan. Hasen („Wild hare“, wahrscheinlich Lepus

americanus Erxl. Lepus nanus Schreber tb. 234) nicht gelungen sei, nachdem er das Gehirn zerstört hatte, mit starken Induktionsströmen, die auf die beiden Vagi wirkten, das Herz zum Stillstande oder auch nur zu irgend deutlicher Verlangsamung der Schläge zu bringen. Vielleicht sei eine sehr schwache Verlangsamung in dem vorläufig einzig dastehenden Versuche an diesem Thiere vorhanden gewesen.

An Mus rattus habe ich in Bern 1856 einen einzigen Versuch mit elektr. Reizung der Vagi gemacht, in welchem ich keine Vermehrung des Herzschlags erlangte. Ich habe mich bei demselben keines Schlittenapparates, sondern nur einer einfachen hämmernden Induktionsvorrichtung mit Wassermoderator bedienen können. Ich lege auf diesen Versuch natürlich keinen Werth — aber er sollte an dem hier sehr seltenen Thiere wiederholt werden. Aus Lyon erhielt ich von einem Händler einen Albino einer Rattenart mit zweifelhaften zoolog. Charakteren, an der mir noch vor Kurzem (Curare künstl. Respir.) Reizung beider Vagi Vermehrung des Herzschlags ergab.

Ueber den Stickstoffgehalt der Pflanzen-Eiweisskörper nach den Methoden von Dumas und Will-Varrentrapp.

Von

H. Ritthausen.

(Fortsetzung aus Bd. XVI, pg. 293—301.)

In Bd. XVI, p. 293—301 theilte ich eine grössere Anzahl von N-Bestimmungen in den von mir früher dargestellten, beschriebenen und analysirten Präparaten von Conglutin, Legumin etc. mit, welche von Herrn Hans Settegast auf meine Veranlassung ausgeführt worden waren. Die sehr hohen Gehalte an N in Conglutin und Legumin, welche sich daraus ergeben, und die meist sehr erheblichen Differenzen im Vergleich zu den Bestimmungen nach Will-Varrentrapp nöthigten mich, die Resultate einer sorgfältigen und genauen Prüfung zu unterwerfen und ihre Richtigkeit durch eine hinreichende Zahl von mir selbst ausgeführter Analysen zu untersuchen.

Es hat sich hierbei leider herausgestellt, dass die Bestimmungen des Herrn S. zum grössern Theil nicht richtig sind, vielmehr zu hohe Resultate geliefert haben und von Herrn S. eine Fehlerquelle übersehen oder nicht hinreichend gewürdigt worden ist, die einen wesentlichen Einfluss bei der volumetrischen Bestimmung des N auszuüben vermag: es ist der H-gehalt des im Wasserstoffstrom reducirten Kupfers.

Als Kupfervorlage in der Verbrennungsröhre waren die jetzt wohl meist angewendeten Rollen aus Kupferdrahtnetz von der Röhrenweite entsprechender Dicke, 11—12 cm Länge und ca. 25 g Gewicht benutzt worden; nach jedesmaligem Gebrauche in H-Gas reducirt, kamen sie sofort oder nach kurzer Aufbewahrung im verschlossenen Glasrohr zur Verwendung und wurde die Rolle

nebst dem vorgelegten reinen CuO, wie üblich, vor Beginn der Verbrennung der Substanz, nachdem zuvor die Luft durch den CO_2-Strom aus dem Kipp'schen Apparat und hierauf durch Erhitzen eines Theils des Natriumbicarbonats verdrängt war, zum Glühen erhitzt.

Dass das durch wiederholte Oxydation und Reduction sehr porös gewordene Kupfer nicht unerhebliche Mengen H-gas zurückhält, darf wohl als längst feststehende Thatsache angesehen werden; ich selbst z. B. fand, zugleich mit den Herren Dr. Kreusler und Dittmar, schon vor Jahren Spiralen aus dünnem Kupferdraht, die wegen bequemer Verwendungsweise eine Zeit lang gebraucht wurden, zu genauen H-bestimmungen in Proteinkörpern oder andern N-haltigen organischen Substanzen schon nach mehrmaliger Benutzung ganz untauglich, da trotz anhaltenden, 5—12 stündigen Trocknens bei 110—120° um 0,3—0,9 Prc. zu hohe H-Gehalte sich ergaben. Rollen aus Kupfer-Drahtnetz gaben nach mehrmaligem Gebrauch nur dann gute Resultate, wenn sie nach längerem Liegen an der Luft 12—24 Stunden im Luftbad bis 130° erhitzt wurden; aber selbst darnach noch beobachtete man bisweilen in der Verbrennungsröhre des Glaser'schen Ofens eine merkliche Menge Wasser, wenn die Rollen kurz vor Beginn der Verbrennung der Substanz im Luftstrome zum Glühen erhitzt wurden. Bei Anwendung von Silber in Form des Tressensilbers statt des metallischen Kupfers, wie W. Stein vorgeschlagen hat, wird diese Unsicherheit zwar ganz vermieden und die Zersetzung auftretenden NO vollständig erreicht; da indessen eine ziemlich lange Schicht dieses Silbers und zugleich andauerndes starkes Erhitzen desselben bis zum Glühen erforderlich ist, so verblieb ich auch für C- und H-Bestimmungen bei der Verwendung der Rollen aus Kupferdrahtnetz.

Auch bei volumetrischen N-Bestimmungen muss dieser H-Gehalt des Kupfers zu einer wesentlichen Fehlerquelle werden, wenn das im H-Strome reducirte Kupfer vor der Verbrennung nicht genügend im Luft- oder besser CO_2-Strome ausgeglüht worden ist und kann der Fehler bei Rollen von ca. 25 g Gewicht bis zu mehreren ccm Gas ansteigen. Das bei dieser Analyse gewöhnlich angewandte Verfahren, Cu und CuO vor Beginn der Verbrennung und nach vollständiger Austreibung der Luft bei schwachem CO_2-Strome zum Glühen zu erhitzen, bietet daher nicht genügende

Sicherheit; das Cu muss vielmehr bei lebhafter Entwicklung reiner CO_2 anhaltend stark geglüht werden, um jede Spur H daraus zu entfernen.

Ich wandte bei den nachstehend mitgetheilten Analysen statt dieser Rollen aus Kupferdrahtnetz ein aus grobkörnigem CuO im H-Strome reducirtes Cu an, um vor der Beimischung von NO ganz gesichert zu sein, aber erst nach Ausführung mehrerer Analysen, deren Resultate zwar gut übereinstimmten, die ich aber für um verschiedene Zehntel-Procente zu hoch halten musste, fand ich, dass das Ausglühen des Cu beim Ueberleiten von aus kohlensaurem Mangan entwickelter CO_2 bis zum Verschwinden jeder Spur unabsorbirbaren Gases, mindestens $^1/_2$ Stunde hindurch fortgesetzt werden müsse, ja bei einigen Analysen, zu denen ich frisch reducirtes Cu benutzte, war ich erst nach 1 stündigem Glühen dahin gelangt, dass höchst geringe Mengen Gas nur unabsorbirt blieben und ich mit der Verbrennung beginnen konnte. Schliesslich erschien es mir als das Bequemste, das mit H behandelte Cu sofort im lebhaften CO_2-Strom auszuglühen und darnach in verstopfter Flasche für den Gebrauch vorräthig zu halten.

Unter Beachtung dieser Umstände gelangte ich bei der volumetrischen N-Bestimmung in Proteinsubstanzen für die Mehrzahl der Präparate zu anderen Resultaten, die zum Theil gar nicht oder nur wenig von den nach Will-Varrentrapp früher erhaltenen Zahlen abweichen.

Ich habe bis jetzt folgende Substanzen untersucht:

1) Conglutin aus gelben Lupinen, süssen und bittern Mandeln;

2) Legumin aus gelben, grünen und sogenannten grauen Felderbsen und Gartenerbsen;

3) Legumin aus Saubohnen, Pferdebohnen, Wicken, Linsen, weissen Gartenbohnen und Platterbsen;

4) Legumin aus Hafer;

5) Fibrin aus Mais.

Die Resultate einer ausführlichen Untersuchung der Proteinstoffe der Ricinussamen und der Ricin-Krystalloide werde ich besonders mittheilen.

Von einigen der in meinen frühern Abhandlungen und in meiner Schrift: die Eiweisskörper etc. erwähnten Conglutin- und Leguminpräparate, insbesondere der durch wiederholtes Auflösen in Kaliwasser und Fällen mit Säure gereinigten Produkte, habe

ich leider keinen Vorrath mehr, so dass die vergleichende Untersuchung nach Dumas und Will-Varrentrapp nicht mehr ausgeführt werden kann.

Resultate der N-Bestimmungen nach Dumas.

Die abgekürzten Bezeichnungen bedeuten:

s = angewandte Substanz, bei 130° C. getrocknet; V = abgelesenes Volumen des N-Gases in ccm; t = Temperatur; B = Barometerstand in mm; v = corrigirtes Vol. des N-Gases; m = die aus v berechnete Menge N in g; p = Procente N in der angewandten Substanz.

Zur Berechnung des corrigirten Vol. N-Gas bemerke ich, dass nach Kalibrirung der Messröhre durch Hg für Volumina von mehr als 36 ccm eine Reduction von 1 zu 0,996 stattgefunden hat.

Zur Beurtheilung des angewandten Verfahrens diene zunächst die N-Bestimmung im

Harnstoff.

s = 0,1935; V = 78,6; t = 19,8°; B = 761; v = 71,57; m = 0,06989; p = 46,45 Prc.

Stickstoff in 100 Th.
gef. 46,45, ber. 46,67 Prc.

I. Conglutin.

1) Conglutin aus gelben Lupinen und zwar a) das Präparat, das ich früher zur Bestimmung der Zusammensetzung dieser Substanz benutzt hatte, b) ein noch nicht völlig rein dargestelltes Präparat, dessen Analyse nach Will-Varrentrapp 17,8 Prc. N (für aschehaltige) Substanz ergeben hatte.

a) s = 0,2251; V = 36,2; t = 21,0°; B = 751; v = 32,4 ccm; m = 0,04069 g; p = 18,07 Prc.

b) s = 0,3051; V = 48,5; t = 19,8°; B = 750; v = 43,43 ccm; m = 0,05455; p = 17,88 Prc. (Asche darin 0,95 Prc.)

2) Conglutin aus süssen Mandeln.

s = 0,2719; V = 43,8; t = 19,5; B = 753; v = 39,43 ccm; m = 0,04952; p = 18,21 Prc.

3) Conglutin aus bittern Mandeln.

s = 0,2827; V = 45,2; t = 19,5; B = 761; v = 41,17; m = 0,05171; p = 18,29 Prc.

Hieran schliesse ich die Mittheilung der N-Bestimmung in zwei früher dargestellten und nach Will-Varrentrapp analysirten Präparaten aus Ricinussamen.

a) Rohproduct, nach Will-Varrentrapp 16,73 Prc. N enthaltend [1]).

s = 0,3643; V = 56,8; t = 20,0°; B = 750 mm; v = 50,81; m = 0,06382 g; p = 17,51 Prc.

b) Wieder aufgelöst und gefällt: 16,73 N nach Will-Varrentrapp.

s = 0,2566; V = 39,2; t = 14,9°; B = 762,5; v = 36,53 ccm; m = 0,04588 g; p = 17,88 Prc.

c) dasselbe wie b) nochmals mit Aether behandelt.

s = 0,2485; V = 39,1: t = 18,7; B = 748,5; v = 35,1 ccm; m = 0,044086 g; p = 17,72 Prc.

Es wurde somit erhalten für aschehaltige Substanz.

		nach Dumas.	nach Will-Varrentrapp.
Conglutin	1) a.	18,07 Prc. N.	18,12 Prc. N.
	b.	17,88 " "	17,80 " "
	2)	18,21 " "	17,89 " "
	3)	18,29 " "	17,75 " "
aus Ricinus	a.	17,51 " "	16,73 " "
	b.	17,88 " "	16,73 " "
	c.	17,72 " "	

für aschefreie Substanzen:

Conglutin	1) a.	18,33 Prc. N.	18,40 Prc. N.
	b.	18,05 " "	17,98 " "
	2)	18,70 " "	18,37 " "
	3)	18,52 " "	17,97 " "
aus Ricinus	a.	18,00 " "	16,93 " "
	b.	18,19 " "	
	c.	18,11 " "	

Nach den Bestimmungen von Settegast berechnete sich der N-Gehalt von 1 a zu 19,43 Prc., von 2 zu 19,13, von 3 zu 19,20.

II. Legumin aus Erbsen.

1) Aus gelben Felderbsen, a) aus klar filtrirter wässriger Lösung gefällt; b) aus einer unter Zusatz von Kaliwasser bereiteten Lösung gefällt.

a) s = 0,2442; V = 36,4; t = 20,2°; B = 754; v = 32,70 ccm; m = 0,04107 g; p = 16,81 Prc.

b) s = 0,3067; V = 45,6; t = 20,2°; B = 755; v = 41,035 ccm; m = 0,05154 g; p = 16,80 Prc. (Asche darin 1,68 Prc.)

1) Siehe: Die Eiweisskörper der Getreidearten etc. p. 185.

2) Aus grünschaligen Felderbsen.

s = 0,2666; V = 39,00; t = 20,8; B = 754; v = 34,94 ccm.; m = 0,043885; p = 16,465 Prc.

s = 0,2764; V = 41,4; t = 20,2; B = 755; v = 37,25 ccm; m = 0,046786; p = 16,92 Prc.

3) Aus grauen Felderbsen.

s = 0,2538; V = 37,6; t = 20,5; B = 755,3; v = 33,80 ccm; m = 0,04245 g; p = 16,72 Prc.

4) Aus Gartenerbsen; nicht gereinigte Substanz; die frühere N-Bestimmung nach Will-Varrentrapp hatte ergeben 16,34 Prc. Stickstoff. Das gereinigte Präparat, dessen vollständige Analysen in meiner Schrift: pag. 163 und Journ. f. prakt. Chem. 103, p. 198 mitgetheilt sind, war früher schon vollständig verbraucht worden.

s = 0,2476; V = 36,1; t = 20,4; B = 752; v = 32,32; m = 0,040594 g; p = 16,395 Prc. (Asche darin 2,97 Prc.).

s = 0,2975; V = 43,85; t = 19,9; B = 750; v = 39,24 ccm; m = 0,04929; p = 16,56 Prc.

III. Legumin aus andern Samen.

1) Vicia Faba, — Saubohnen; a) früher dargestellt und analysirt (s. a. a. O. p. 170 oder Journ. f. pr. Chem. Bd. 103, 202; b) in Poppelsdorf dargestellt und noch nicht analytisch näher untersucht.

b) s = 0,268; V = 40,5; t = 21,2; B = 752; v = 36,11 ccm; m = 0,04535 g; p = 16,92 Prc. (Asche darin 1,58 Prc.)

s = 0,3626; V = 53,45; t = 19,5°; B = 762,5; v = 48,75 ccm; m = 0,06123; p = 16,88 Prc.

a) s = 0,2593; V = 38,8; t = 21,0; B = 752; v = 34,64 ccm; m = 0,04351 g; p = 16,78 Prc.

2) Vicia Faba minor, Pferdebohnen.

s = 0,3034; V = 45,6; t = 20,9°; B = 752,5; v = 40,76 ccm; m = 0,051195; p = 16,87 Prc.

3) Vicia sativa — gewöhnliche Futter-Wicke.

s = 0,2421; V = 35,2; t = 20,1°; B = 753; v = 31,67 ccm; m = 0,03978; p = 16,47 Prc.

4) Linsen; Gemisch der Präparate verschiedener Darstellungen.

s = 0,2361; V = 34,25; t = 20,2; B = 755; v = 30,94 ccm; m = 0,03886; p = 16,46 Prc.

5) Weisse Gartenbohnen; aus wässriger Lösung gefällt.

s = 0,2731; V = 35,2; t = 20,0; B = 755; v = 31,83 ccm; m = 0,03998; p = 14,64 Prc.

6) **Lathyrus sativus, Kichererbsen; der Gehalt an N war mittelst Natronkalkverbrennung von Dr. Pott gefunden worden** 16,42.

s=0,2494; V=36,00; t=20,2; B=752; v=32,39 ccm; m=0,04068; p=16,31 Prc.

s=0,2396; V=34,8; t=19,7; B=750; v=31,30 ccm; m=0,03931; p=16,41 Prc.

Uebersicht über die Analysen von Legumin.

1) Gelbe Erbsen	a.	16,81 Prc. N.	nach Dumas.	16,05 Prc. N.	nach Will-Varrentrapp.
	b.	16,80 „ „		nicht bestimmt	
2) Grüne „		16,92 „ „		16,27 „ „	
3) Graue „		16,72 „ „		16,12 „ „	
4) Gartenerbsen		16,48 „ „ (Mittel).		16,34 „ „	
5) Vicia Faba	a.	16,78 „ „		16,65 „ „	
	b.	16,90 „ „ (Mittel).		16,91 „ „	
6) Vicia Faba minor		16,87 „ „		16,43 „ „	
7) Vicia sativa		16,47 „ „		16,40 „ „	
8) Linsen		16,46 „ „		15,98 „ „	
9) Platterbsen		16,36 „ „ (Mittel).		16,42 „ „	
10) Weisse Bohnen		14,64 „ „		13,90 „ „	

Berechnet auf aschefreie Substanz.

1) Gelbe Erbsen	a.	17,23 Prc. N.	nach Dumas.	16,50 Prc. N.	nach Will-Varrentrapp.
	b.	17,09 „ „		—	
2) Grüne „		17,46 „ „		16,87 „ „	
3) Graue „		17,26 „ „		16,64 „ „	
4) Gartenerbsen		16,98 „ „		16,84 „ „	
5) Vicia Faba	a.	17,19 „ „		17,06 „ „	
	b.	17,17 „ „		—	
6) Vicia Faba minor		17,20 „ „		16,43 „ „	
7) Vicia sativa		16,89 „ „		16,87 „ „	
8) Linsen		16,98 „ „		16,49 „ „	
9) Platterbsen		16,88 „ „		16,93 „ „	
10) Weisse Bohnen		15,18 „ „		14,40 „ „	

IV. Legumin aus Hafer.

s=0,2426; V=37,0; t=20,2°; B=752; v=33,11 ccm; m=0,041586; p=17,14 Prc.; aschefrei = 17,45 Prc. N.

V. Maisfibrin.

s=0,2543; V=36,5; t=19,9; B=756; v=33,07; m=0,041536 g; p=16,33 Prc.

Das Maisfibrin ist aschefrei.

Durch die hier mitgetheilten Resultate sah ich mich veranlasst, auch die Substanz aus Bertholletia-Nüssen, deren Zusammensetzung ich (d. Archiv XVI, p. 301—305) ermittelte, nochmals auf ihren Gehalt an N zu untersuchen, wobei sich ergab

s=0,2893; V=45,5; t=20,1; B=756,5; v=41,09; m=0,05161; p=17,84 Prc.; aschefrei=18,21 Prc.

Bei den Bestimmungen von Settegast war erhalten worden 17,73 Prc., aschefrei 18,09 Prc., so dass die beiderseits gewonnenen Resultate als nahe übereinstimmend bezeichnet werden dürfen.

Diese Untersuchung der von mir dargestellten und beschriebenen Eiweisskörper von Pflanzensamen auf ihren N-Gehalt nach volumetrischer Methode muss jetzt für einige Zeit unterbrochen und kann später erst so weit es noch nöthig erscheint fortgesetzt werden; die bisher erlangten Resultate sind aber hinlänglich deutlich und bei der Genauigkeit des von mir eingehaltenen Verfahrens bei Ausführung der Dumas'schen Bestimmung vollkommen geeignet, ein zuverlässiges Urtheil über den Werth der beiden üblichen N-Bestimmungsmethoden zu gewinnen. Die folgende Tabelle giebt eine deutliche Uebersicht über die erhaltenen Resultate:

I. Conglutin.

		Dumas.	Will-Varrentr.	Differenz gegen Dumas.
1) Gelbe Lupinen	a.	18,33	18,40	— 0,07
	b.	18,05	17,98	— 0,07
2) Süsse Mandeln		18,70	18,37	— 0,33
3) Bitter „		18,52	17,97	— 0,55
4) Proteinsubst. aus Ricinus	a.	18,00		— 1,07
	b.	18,19	16,93	— 1,26
	c.	18,11		— 1,18
5) Proteinsubst. aus Bertholletia		18,21	—	—

II. Legumin.

	Dumas.	Will-Varrentr.	Differenz gegen Dumas.
6) Gelbe Erbsen	a. 17,23	16,50	— 0,73
	b. 17,09	—	—
7) Grüne Erbsen	17,46	16,87	— 0,59
8) Graue „	17,26	16,64	— 0,62
9) Gelbe Garten-Erbsen	16,99	16,84	— 0,15
10) Vicia Faba	a. 17,19	17,06	— 0,13
	b. 17,17	—	—
11) Vicia Faba minor.	17,20	16,43	— 0,77
12) „ sativa	16,98	16,87	— 0,02
13) Linsen	16,98	16,49	— 0,49
14) Lathyrus sativus	16,88	16,93	+ 0,05
15) Hafer	17,45	17,16	— 0,29
16) Weisse Gartenbohnen	15,18	14,40	— 0,78

III. Andre Proteinstoffe.

17) Maisfibrin	16,33	15,58	— 0,75

Die Differenzen zwischen den Resultaten der Bestimmungen nach beiden Methoden zeigen:

1) dass in verschiedenen Fällen für dasselbe Präparat nahezu gleiche Mengen Stickstoff gefunden worden sind: für 1, a und b 12 und 14; für 9 und 10 a sind die Differenzen ebenfalls so gering, dass sie noch innerhalb der Fehlergrenzen der Methoden sich bewegen;

2) dass in der Mehrzahl der Fälle die volumetrische Bestimmung beträchtlich höhere Zahlen lieferte, als die Natronkalkverbrennung, letztere also weniger an Stickstoff und zwar 0,29 Prc. bis 1,26 Prc. und mit Ausschluss der Ricinuspräparate 0,29—0,78 Prc., im Mittel 0,58 Prc.;

3) da alle Fehlerquellen bei der volumetrischen Bestimmung sorgfältigst vermieden worden sind und die Resultate das irgend erreichbare Maass von Genauigkeit beanspruchen dürfen, so kann der Einwand, dass der erhaltene Mehrbetrag auf irgend eine der vorhandenen Fehlerquellen zurückzuführen sei, nicht wohl erhoben werden, es drängt sich vielmehr die Meinung auf, dass die Verbrennung mit Natronkalk unzuverlässig sei, dass die damit erlangten Resultate schwankend seien, bald höher

bald niedriger ausfallen, und es weniger leicht sei, Fehlerquellen zu erkennen und zu vermeiden. Bei den sehr zahlreichen, von mir selbst ausgeführten N-Bestimmungen in Pflanzen-Proteinkörpern wurde ich sehr häufig durch erhebliche Abweichungen in den erhaltenen Procentzahlen aufgehalten und zu Wiederholungen von Analysen genöthigt, ohne dass es immer gelang, einige genau übereinstimmende Zahlen zu erhalten; trotz der grössten Aufmerksamkeit auf alle Umstände, die von Einfluss sein konnten, vermochte ich keine vollständige Uebereinstimmung herbeizuführen. Es sei mir gestattet, auf folgende Beispiele zu verweisen; es gaben:

Erbsenlegumin Prc. N (gewonnen, aus mit Spiritus ausgekochtem Erbsenschrot):
16,67 (titrirt), 16,58 (Platinbest.), 16,40 (titrirt).
do. aus grünen Erbsen:
16,27 (Platinbest.), 16,89 (titrirt), 16,36 (titrirt).
Legumin aus Pferdebohnen:
16,65 (titr.), 16,17 (Platinbest.), 16,91 (titr.), 16,43 (Platinbest.), 16,68 (titr.), 16,43 (Platinbest.)
Legumin aus grauen Erbsen:
16,12 (Platinbest.), 16,49 (titrirt).

Diesen könnte ich noch viele andere hinzufügen. Wurde hierdurch auch Misstrauen gegen die Zuverlässigkeit der Methode erregt, so suchte ich den Grund doch stets in irgend einer Fahrlässigkeit, wenn ich mir auch einer solchen nicht bewusst war.

4) Die mitgetheilten Thatsachen drängen daher zu dem Schluss, dass die volumetrische Bestimmung des N unter Beachtung der vorhandenen Fehlerquellen grössere Sicherheit in Bezug auf die Richtigkeit der Resultate darbietet und mittelst derselben leicht genaue und unter einander übereinstimmende Zahlen zu erreichen sind. Dabei finde ich die Methode unter Anwendung des Zulkowski'schen Apparats so bequem, dass sie bei Analysen stickstoffreicher Substanzen vorzuziehen ist und mit Rücksicht auf die Sicherheit und Zuverlässigkeit vorgezogen werden muss [1]).

---

1) Jede Analyse erfordert indess in der Art, wie ich sie ausführe, 5—6 Stunden Zeit, 1 Stunde zum Durchleiten von CO_2 aus dem Kipp'schen Apparat. $^1/_2$—$^3/_4$ St. zum Ausgleichen des Cu in dem aus kohlens. Mangan durch Erhitzen erzeugten CO_2-strome, 1 St., zur Verbrennung und ca. 3 St. bis zum Ablesen des erhaltenen Gasvolumens.

5) Da nun diese meine eigenen Untersuchungen die Unrichtigkeit der meisten in Bd. XVI mitgetheilten Bestimmungen dargethan haben, so sind auch die an diese Mittheilungen angeschlossenen Bemerkungen über Zusammensetzung des Conglutin und Legumin nicht mehr zutreffend; vielmehr ergiebt sich als procentische Zusammensetzung a. nach der volumetrischen N-Bestimmung, womit b. die Zusammensetzung nach den älteren in meiner Schrift und den Abhandlungen im Erdmann'schen Journal benutzten Bestimmungen mittelst Natronkalkverbrennung in Vergleich gestellt ist:

	Conglutin aus Mandeln.		Conglutin aus gelben Lupinen.		Legumin aus Hülsenfrüchten.		Legumin aus Hafer.		Maisfibrin.	
	a.	b.	a.	b.	a.	b.	a.	b.	a.	b.
C	50,44	50,44	50,83	wie	51,48	51,48	51,63	51,63	54,69	54,69
H	6,85	6,85	6,92	a.	7,02	7.02	7,49	7,49	7,51	7,51
N	18,61	18,17	18,33	18,40	17,13	16,77	17,45	17,16	16,33	15,58
S	0,43	0,43	0,91		0,40	0,40	0,79	0,79	0,69	0,69
O	23,67	24,11	23,04		23,97	24,38	22,64	22,93	20,78	21,53

Fig. 2

a c

Fig. 4.

a c

Fig. 3

a c

Fig. 1.

a c

Lith. Anst. v. F. Wirtz Darmstadt.

Ueber Wärme und Oxydation der lebendigen Materie.

Von

E. Pflüger.

Einleitung.

Wenn man von der nunmehr allgemein anerkannten Descendenztheorie ausgeht, müssen die Verschiedenheiten aller lebendigen Materie, die sich im Laufe von Jahrtausenden allmählig entwickelt haben, schliesslich doch nur Variationen eines und desselben Grundphänomenes sein. Diejenigen Eigenschaften also, die aller, auch der einfachsten lebendigen Materie zukommen, stellen die Grundphänomene vor, diejenigen, die nicht allgemein sind, abgeleitete Modificationen.

Das allgemeinste Princip aller Lebensprocesse zeigt uns ein dynamisches Gleichgewicht, bei dem continuirliche Zersetzung neben continuirlicher Wiederbildung der zersetzten Substanz beobachtet wird.

Hält man sich zunächst an die thierische Zersetzung, so ergibt sich, dass überall aus Eiweiss, Fett und Kohlehydraten erzeugt werden Kohlensäure, Wasser und amidartige Körper. Die Bildung von Kohlensäure und Wasser ist im Grossen und Ganzen, wie allgemein anerkannt wird, ein Oxydationsprocess. Da jede chemische Untersuchung der Metamorphose von Gemengen nothwendig zu allererst ausgehen muss von der Kenntniss der Molecüle, welche eigentlich in Wechselverkehr treten, so habe ich mit meinen Schülern seit einer langen Reihe von Jahren zunächst festzustellen gesucht, wo im Organismus die Oxydationen stattfinden, welches also die reagirenden Molecüle sind. Es ist nun fast allgemein in Folge unserer Arbeiten zugegeben, dass die organisirte lebendige Substanz, das sogenannte Gewebe, der Ort der Oxydation ist. Das Blut enthält zwar auch Zellen — die rothen Blutkörper, welche aber bei den meisten Thieren gleichsam nur als Zellenmumien anzusehen sind und darum auch einen nur minimalen Oxydationsprocess darbieten. Sie unterscheiden sich auch von den energisch lebenden Zellen durch die Dichte ihrer Substanz und ihre ausserordentliche Armuth an Eiweiss und

Protoplasma. Bei den höheren, erwachsenen Geschöpfen fehlt der Zellkern und die Fähigkeit durch Theilung oder auf andere Weise sich zu vermehren und zu wachsen. Die weissen Blutzellen sind in zu geringer Menge vorhanden, um durch ihre wahrscheinlich energische chemische Arbeit für den Gesammtstoffwechsel des Blutes mehr als einen geringen Summanden abzugeben.

Ueber die Natur der Oxydationsprocesse, durch welche die Kohlensäure und wohl auch das Wasser entstehen, führten mich, wie den Physiologen bekannt ist, fortgesetzte Untersuchungen zu der Ansicht, dass sie eine indirecte sei, so zwar, dass unter dem Einfluss der Wärme durch moleculare Umlagerung die Kohlensäure und wohl auch das Wasser entstehe. Da nämlich bei unter 0° C. liegenden Temperaturen alle Zersetzung der thierischen Materie und auch jede Lebensthätigkeit zum Stillstande kommt, ohne dass die Lebensfähigkeit aufhört, weil Steigerung der Temperatur das Leben zurückruft, schien mir der Schluss nahe zu liegen, dass alle zur Bildung von Kohlensäure und Wasser führende Metamorphose der lebendigen Materie in das Gebiet der Dissociationsprocesse gehöre. An einer späteren Stelle werde ich eine Reihe von Thatsachen für jenen unterhalb der Dissociationstemperatur zu beobachtenden Lebensstillstand, der kein Tod ist, beibringen.

Seit Jahrhunderten bis heute ist sehr oft die Zersetzung der thierischen Materie in dieselbe Kategorie von Erscheinungen verwiesen worden, zu denen die Gährung und Fäulniss gehört und man gedachte hierdurch der Erklärung des Wesens der Lebensprocesse die richtige Bahn eröffnet zu haben.

Neben und nach Anderen vergleicht schon Lavoisier[1]) die physiologische Verbrennung mit der bei niederer Temperatur stattfindenden Entzündung des Düngers. Allerdings geht Lavoisier bei der Erklärung der Erscheinung sofort auf chemische Grundprincipien ein und nähert sich darin meiner Ansicht. Bei dem Zeitgenossen Lavoisier's, dem geistvollen John Hunter[2]) findet man eine Controverse gegen die Theorie von Dr. Stevenson[3]), welcher die thierische Wärme aus Gährungsprocessen ableitet. Was John Hunter (a. a. O. pg. 282—284) als Argument beibringt,

1) Lavoisier, Oeuvres. II. pg. 708.
2) John Hunter, Works ed. Palmer. 1835. Vol. I. pg. 282.
3) Edin. Med. Essays. Vol. V. Part. II. p. 806 et seq.

ist indessen von geringem Gewichte, da er ein Anhänger der Lebenskraft ist und überall hervorhebt, dass das Lebensprincip Thiere und Pflanzen wesentlich von anderer Materie unterscheide und vollkommen verschieden von irgend welcher bekannten Eigenschaft der Materie sei. Das Lebensprincip ist nach ihm zu der gewöhnlichen Materie hinzugefügt und ihr übergeordnet — „a power supperadded totally different from any other known property of matter [1]."

Für eine Erklärung der Lebensprocesse bleibt es schon a priori bedenklich, auf Processe sich zu beziehen, die nicht bloss das Leben zur Voraussetzung haben, sondern in ihrer chemischen Mechanik sehr verschieden und fast alle unbekannt sind. Da es ferner geformte Fermente gibt, die bei den stärksten Vergrösserungen, fast an der Grenze der Sichtbarkeit stehende lebendige Individuen darstellen, so fehlt im speciellen Fall die Berechtigung, um mit Bestimmtheit von ungeformten, ich meine löslichen Fermentmolecülen zu reden. Es ist also die Frage, ob nicht manche Aehnlichkeit der Fäulniss und des Lebens dadurch bedingt ist, dass die bei der Fäulniss beobachteten Zersetzungen durch Lebensprocesse erzeugt werden, deren Abwesenheit nicht bewiesen ist.

Jedenfalls unterstützt ein Ferment nur die disgregirende Wirkung der Wärme und modificirt wohl auch den Ort, wo das Molekül zerfällt.

Ohne mit Bestimmtheit behaupten zu wollen, dass solche die Wärme unterstützenden Molecüle im thierischen Organismus nicht vorkommen, schien es mir doch, dass die Grundphänomene: nämlich die ohne Gegenwart von Sauerstoff continuirlich ablaufende Bildung der Kohlensäure und wohl auch des Wassers die Annahme von Fermenten nicht allein unnöthig, sondern geradezu sehr wenig plausibel erscheinen lassen.

Ich dachte an das Licht, das die chemischen Vorgänge in Thieren und Pflanzen **sofort** belebt und an die grosse Abhängigkeit dieser Erscheinungen von der Farbe, d. h. der Schwingungsdauer der Aethertheilchen. Wie mächtig und augenblicklich erregt der Lichtstrahl die Haut des Menschen und das Auge aller Geschöpfe. Reizung aber ist Zersetzung: Verwandlung chemischer potentieller Energie in lebendige Kraft, d. h. innere Oxydation. Wo wäre

1) John Hunter, Works. Vol. III. pg. 121.

ein Gährungsprocess bekannt, auf den ein Lichtstrahl eine so plötzliche gewaltige Wirkung ausübt? Wohl aber kennt die Chemie solche Beispiele, bei denen es sich um Umlagerungen und Spaltungen ohne jede Spur eines Fermentes handelt. Plötzlich wie auf das Auge wirkt der Lichtstrahl auf ein Gemenge von Chlor und Wasserstoff und erzeugt die Explosion. Diese Erscheinungen sind in ihrem Wesen nicht so ganz räthselhaft.

Ich verstehe unter Chemie die Lehre von den Bedingungen des stationären Zustandes (dynamisches Gleichgewicht) von Atomsystemen (Molecülen). — Wie die mechanische Wärmetheorie lehrt, schwingen in solchem Systeme innerhalb bestimmter Temperaturgrenzen alle Atome in bestimmter mit dem Bestehen des Systemes verträglichen Weise. Man kann sich aber sehr wohl denken, dass Aetherwellen von bestimmter Länge die Bedingungen des stationären Zustandes eines solchen Systemes aufheben, d. h. dasselbe zur Zersetzung führen müssen, wenn die Schwingungen der Aethertheilchen einzelne Atome in Mitschwingung versetzen, andere nicht oder wenn die Natur der Schwingungen aller Atome wesentlich modificirt wird.

Ich dachte bei der thierischen Zersetzung an den mechanischen Stoss, welcher sie sofort erregt: wie der Schall das Ohr, der Druck die Haut, Verletzung jeder Continuität den Nerven. Die Nadelspitze, welche über Muskelsubstanz, selbst solche, die durch Curarevergiftung des Nerveneinflusses beraubt ist, streift, bringt Zuckung, d. h. sofortige Kohlensäurebildung hervor. Ein Stich erregt sogar ein frisches ausgeschnittenes Leucht-Organ, sodass es phosphorescirt, d. h. sich oxydirt. Wer hätte je vernommen, dass ein mechanischer Stoss einen Fäulniss- oder Gährungsprocess bedinge oder ihn plötzlich steigere? Wohl aber bringt ein Stoss den Chlorstickstoff, das Nitroglycerin zur Explosion, d. h. erzeugt eine Umlagerung der Atome, die zur Sprengung führt, dort ohne, hier mit innerer Oxydation — principiell geradeso wie in der lebendigen Materie. Offenbar liegen die Bahnen des zur inneren Oxydation bestimmten schwingenden Sauerstoffatomes so, dass eine geringe Verschiebung desselben in bestimmter Richtung genügt, es in die Activitätssphäre des Kohlenstoffs zu führen und so wie bei den Nitrokörpern die Explosion zu veranlassen.

Ich dachte an den electrischen Schlag, der schon bei minimaler Stärke die Nerven und Muskeln, sowie unzweifelhaft alle lebendige

Materie erregt, d. h. dieselbe Zersetzung und Bildung von Kohlensäure und Wasser veranlasst, welche unter gewöhnlichen normalen Verhältnissen entstehen. Wo aber finde ich ein Beispiel, dass ein electrischer Schlag den Gährungs- oder Fäulnissprocess urplötzlich erregt, explosionsartig steigert? — Solche Beispiele kennt die Chemie abermals — sie sind aber im Gebiete der Atomumlagerungen bei den Nitrokörpern zu finden, wo keinerlei Ferment eine Rolle spielt.

Da also mechanischer Stoss, electrischer Schlag, Licht denselben Effect haben wie die Wärme, so wirkt diese wesentlich nicht unter Vermittlung eines Fermentes, sondern durch Erzeugung von Atomumlagerungen im Molecül.

Meine Theorie leitet alle diese Erscheinungen aus Einem Gesichtspunkte ab, indem ich annehme, dass, um es nochmals hervorzuheben, die Bahn des zur inneren Oxydation bestimmten intramolecularen Sauerstoffatomes eine sehr labile sei, wie etwa im Nitroglycerin, sodass eine kleine Verschiebung in bestimmter Richtung genügt, um eine Interferenz der Activitätssphären des Sauerstoff- und Kohlenstoffatomes zu bedingen. Jedes Agens also, welches eine Molecularerschütterung erzeugen kann, wie Licht, Electricität, mechanische Schwingung, Wärme, kann auch die Zersetzung erzeugen und hierzu genügt offenbar wie bei der Innervation schon ein minimaler Stoss in bestimmter Richtung. Da die lebendige Kraft des Atomes seine Temperatur ist, so wird der Stoss immer die lebendige Kraft einzelner Atome, d. h. ihre Temperatur steigern und wahrscheinlich ist dies bei der Reizung immer der Fall. Alle Reize wirken dann durch Aenderung der Temperatur der Atome.

Vielleicht erklärt sich die Wirkung der Hemmungsnerven in der Art, dass die Bahn des Sauerstoffatomes in der umgekehrten Richtung verschoben wird, von derjenigen, welche zur Interferenz der Activitätssphären des Kohlenstoffs und Sauerstoffes führt.

Ob die Amidbildung unmittelbar in dieselbe Kategorie von Processen gehört wie die Kohlensäure- und wohl auch Wasserbildung, ist sehr zweifelhaft; denn die Kohlensäureproduction, also Oxydation kann wie bei der Arbeit ausserordentlich wachsen, die Harnstoffbildung unverändert weiter gehen, ebenso umgekehrt die Harnstoffbildung in bedeutendem Maasse wie im Fieber zunehmen, ohne dass die Kohlensäure eine entsprechende Vermehrung darböte.

Die Harnstoffbildung steht unter normalen Verhältnissen sehr wahrscheinlich mit der Restitution der Gewebe in einer nahen Beziehung und es ist deshalb nicht zu erwarten, dass ein ausgeschnittenes Organ, welches nicht mehr von arteriellem Blute durchflossen ist und doch noch durch Erwärmung Kohlensäure und Wasser bildet, auch amidartige Körper erzeugen sollte.

Hier wollen wir die Grundphänomen der Oxydation in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur vom Gesichtspunkte meiner Theorie durch weitere Untersuchungen zu stützen versuchen.

Ich werde mich demnach an dieser Stelle bemühen eine erhebliche Schwierigkeit zu beseitigen, welche meinen Anschauungen daraus erwächst, dass bei den Warmblütern Verminderung der umgebenden Temperatur die innere Verbrennung so ausserordentlich steigert.

Wenn man erwägt, dass die Temperatur der inneren Organe bei grossen Aenderungen der Temperatur der Luft keine Veränderung nothwendig erleidet, wohl aber eine Vermehrung der Oxydationen eintritt, so erkennt man bereits, dass die kühle Temperatur den Muskel nicht deshalb zu erhöhter Oxydation zwingt, weil sie seine Temperatur in irgend einer Weise ändert. Folglich muss die Vermehrung der Verbrennung im Muskel durch eine indirecte Wirkung der sinkenden äusseren Temperatur gegeben sein. Es lag am nächsten diese Vermittlung in den Theilen des Körpers zu suchen, die nachweisbar durch die Temperatur beeinflusst werden, d. h. in den Temperaturnerven der Haut, welche, was zunächst durchaus unerklärt ist, die paradoxe Eigenschaft besitzen, um so energischer durch Vermittlung des centralen Nervensystemes den Stoffwechsel zu steigern, je weniger Wärme ihnen zugeführt wird. Wir wollen hier vorerst dies Paradoxon hinnehmen, welches ein Analogon bei den Hemmungswirkungen findet und uns die Frage vorlegen, ob die lebendige Materie des Warmblüters im Uebrigen sich ebenso wie die des Kaltblüters verhält, vorausgesetzt, dass also die regulirende Wirkung der Nerven ausgeschlossen ist.

Untersuchung.

Es handelte sich um die Messung der Oxydation. Diese geschah mit Hülfe desselben Apparates, den Dr. Dittmar Finkler

und Dr. Ernst Oertmann in ihrer Abhandlung „Ueber den Einfluss der Athemmechanik auf den Stoffwechsel", Dies Archiv Bd. 14, pg. 38, genauer beschrieben haben. Der Apparat, der nur eine Modification des Röhrig-Zuntz'schen darstellt, findet sich noch in einer Abhandlung von Prof. Zuntz „Ueber den Einfluss der Curarevergiftung auf den thierischen Stoffwechsel", Dies Archiv Bd. 12, pg. 524, halbschematisch dargestellt.

Der Apparat besteht im Wesentlichen aus einer zuerst von John Hunter[1]) angegebenen höchst sinnreichen Combination zweier Gummiballons, die abwechselnd Sauerstoff in die Lungen treiben und wieder aussaugen. An einem Spirometer, aus dem die Ballons den Sauerstoff beziehen, liest man den Verbrauch desselben ab. Die Kohlensäure wird in mit Kalilauge beschickten Ventilen absorbirt, später in dem Vacuum meiner Pumpe durch Phosphorsäure ausgetrieben und unter Berücksichtigung der ursprünglich in der Lauge schon vor dem Versuche enthaltenen volumenometrisch bestimmt. Bei allen Versuchen wurde künstliche Respiration nach dem Takt des Metronoms unterhalten.

Da bei dieser Methode Alles auf absolut sicheren Schluss der vielen Gummiverbindungen ankommt und eine grössere Zahl von Serien mir durch Lecken verunglückt ist, so wird eine Mittheilung meiner Erfahrungen zweckmässig sein. Ich verliess mich im Anfang zur Ermittelung des Dichtseins des Apparates darauf, dass derselbe in Saug-, dann in Druckstellung gebracht und eine Reihe von Stunden darin verbleibend keine Veränderung des Gesammtgases erlitt, welches er enthielt. Dies vermag man ja leicht an den Spirometern abzulesen, nachdem man wieder Atmosphärendruck in ihnen hergestellt hat und etwaige Aenderungen desselben und der Temperatur nicht unbeachtet lässt. Nun habe ich die fast unglaublich scheinende Beobachtung gemacht, dass der Apparat, der durchaus der genannten Bedingung genügte, doch nicht schloss. Dieses Versagen pflegte sich allmählig während der Ventilation in immer stärkerem Maasse auszubilden. Wenn dann der Apparat über Nacht bis zum andern Morgen gestanden hatte, und nun geprüft wurde, schloss er wieder, um bei Wiederbeginn des Versuches allmählig ganz dasselbe tückische Spiel zu beginnen. Ich wurde

1) The Works of John Hunter ed. by J. T. Palmer. London 1837. Vol. IV. pg. 174.

endlich darauf aufmerksam, weil ich sah, dass regelmässig die Messung des Gasverbrauches an einem Spirometer bedeutend höhere Werthe als am anderen Spirometer ergab, die ja bei den Versuchen mit einander abwechseln. Es kostete uns aber keine kleine Mühe die lecke Stelle zu finden. Als Dr. Finkler an verschiedenen Stellen der Gummischläuche sog, fand er endlich den Ort, durch den die Luft aus dem Apparate entwich, was sich deutlich durch den Strom von Gasblasen kundgab, welche die Lauge in den Ventilen beim Saugen durchsetzten. Es handelte sich um einen feinen schiefen in der Nath des Gummischlauches befindlichen Gang, der offenbar ventilartig wirkte und deshalb bei gewissen Lagen und Spannungen des Schlauches schloss, bei anderen nicht. Auch verändert das Gummi mit der Temperatur und Ruhe seine Consistenz. Man kann sich also wohl denken, dass, wenn die durch die künstliche Ventilation bewirkten Druckschwankungen häufig genug regelmässig die Wand des Gummirohrs stärker gespannt und dann wieder erschlafft hatten, durch Weichwerden oder auch Verlagerung der Substanz des Gummis der Gang, der unmittelbar vorher hermetisch schloss, wieder wegsam wurde. — Als wir die rothen mit Naht versehenen Gummischläuche nachher unter Wasserdruck setzten, bemerkten wir ein Feuchtwerden an verschiedenen Stellen der Naht und verwarfen dieselben durchaus und bedienten uns dann der weissen, nachdem sie unter Wasserdruck als tadellos erwiesen waren. — Ein sehr werthvolles Kriterium zur Beurtheilung des absoluten Verschlusses dieses Apparates ist aber, am Ende des Versuches, nachdem das Thier getödtet ist, die künstliche Respiration wieder in Gang zu setzen und sie so lange wie ein Versuch dauert fortzusetzen. Denn undichte Stellen wirken fast immer ventilartig. Das Spirometer, aus dem das lebendige Thier Sauerstoff verbraucht haben würde, zeigt nun am Ende der Ventilation des todtes Thieres absolut denselben Stand des Gases an. Der Apparat ist also sicher.

Das Thier war immer in ein Bad versenkt, dessen Temperatur die des Thieres regulirte. Die Temperatur des Thieres wurde durch einen in Recto liegenden Thermometer fortwährend beobachtet und notirt.

Erster Abschnitt der Untersuchung.

Ich vergiftete Thiere mit Curare, um den Einfluss des centralen Nervensystemes auf die Muskeln aufzuheben. Wie bereits Zuntz

gefunden hat, sinkt die Energie der Oxydationsprocesse während der Narkose ausserordentlich stark. Um zu sehen, ob das Curare an sich die Oxydation der Gewebe auch nach Ausschluss des Nervensystemes zu behindern vermöge, habe ich Herrn Dr. G. Colasanti[1]) veranlasst zu untersuchen, ob nach der Tödtung eines Thieres künstliche Durchleitung mit Curare versetzten Blutes durch ein Glied eine geringere Oxydation ergibt als Durchleitung mit Curare nicht versetzten Blutes. Colasanti fand gleiche Werthe der Oxydation für beide Bedingungen. Das Curare scheint demnach nicht direct auf die Gewebe, sondern indirect durch Aufhebung des Nerveneinflusses zu wirken.

Ich habe mich überzeugt, dass bei meinen Versuchen während der gesunkenen Energie der Oxydation das Herz sehr kräftig schlug, die Arterien strotzend mit hellrothem Blute gefüllt waren, ja dass das Venenblut entschieden heller erschien. Von einer Störung des Kreislaufs und behinderter Circulation, oder verminderter Zufuhr von Sauerstoff zu den Organen kann also die Verringerung der Oxydation nicht abgeleitet werden.

I. Serie. (1. Oct.)

Durch einen ersten Versuch wollte ich mich sofort von der Richtigkeit des Principes überzeugen, kühlte das Thier bedeutend ab und fand dann eine so minimale Grösse der Oxydation, wie sie bei normaler Temperatur des Körpers auch bei Curarisirten nicht vorkommt. Es ergab sich ein Sauerstoffverbrauch von

115,2 ccm pro Kilo und Stunde,

bei einer Temperatur des Thieres von 22,2° C. Hugo Schultz fand in meinem Laboratorium für die Kohlensäure bei 25° C. circa 80 ccm, was einem Sauerstoffverbrauche von 100 ccm entsprechen würde, woraus man erkennt, dass nach aufgehobener Regulation und Gleichheit der Temperatur für Kaninchen und Frosch die Energie der Oxydation nur noch wenig verschieden sind. Die speciellen Daten des Versuches sind:

Kaninchen von 1400 gr. curarisirt.

Anfang des Versuches 10 Uhr 56 Minuten.

Zeit	10 Uhr 56 M.	11 Uhr 2 M.	10 "	15
Temperatur des Thieres	22,1	22,1	22,2	22,3

1) Giuseppe Colasanti, Dies Archiv Bd. 16, pg. 157.

Temperatur des Bades: Das Thier wurde in einem Bade von mittlerer Temperatur abgekühlt und dann auf dieser Temperatur durch Regulirung der Temperatur des Bades erhalten.

a) Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 803,09 ccm
Temperatur . . . . = 15,6° C.
Druck . . . . . . = 728,30 mm
Anfangsvolum auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . = 728,03 ccm
b) Endvolum im Spirometer I . . . . = 752,35 ccm
Temperatur . . . . = 17,2° C.
Druck . . . . . . = 726,89 mm
Endvolum auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 676,96 ccm
Also in 19 Minuten verbrauchter reducirter Sauerstoff = 51,07 ccm
Hieraus folgt pro Kilo und Stunde ein Sauerstoffverbrauch von
115,2 ccm.
Die mittlere Temperatur des Thieres war:
22,2° C.
Die Kohlensäureentwickelung betrug pro Kilo und Stunde:
154,8 ccm.

II. Serie. (2. Oct.)

Ich wollte darauf mich überzeugen, ob ein nicht vergiftetes Thier, dessen Temperatur durch ein kaltes Bad bedeutend — hier bis auf circa 28° C. — herabgedrückt wird, auch eine abnorm niedrige Oxydation ergibt, was, wie der hier folgende Versuch zeigt, in der That der Fall war. Denn ein Kaninchen von normaler Temperatur hat mehr als die doppelte Energie der Oxydation.

Kaninchen von 1800 gr. sofort im Bade von Zimmertemperatur abgekühlt und auf nahe derselben Temperatur erhalten.

Anfang des Versuchs 10 Uhr 19 Min.

Zeit	10 Uhr 19 Min.	22	27	29	35	39
Temperatur des Thieres in ° C.	28,0°	27,7	27,8	28,1	28,4	28,7

a) Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 725,01 ccm
Temperatur . . . . = 16,0° C.
Druck . . . . . . = 741,34 mm
Anfangsvolum auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . = 668,09 ccm
b) Endvolum im Spirometer I . . . . = 587,69 ccm
Temperatur . . . . = 16,7° C.
Druck . . . . . . = 740,78 mm
Endvolum auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 539,80 ccm
Also Sauerstoffverbrauch pro 20 Minuten . . . . = 128,29 ccm

Hieraus folgt pro Kilo und Stunde ein Sauerstoffverbrauch von:

295,9 ccm.

Der Mittelwerth der Temperatur des Thieres während dieser 20 Minuten war:

28,1° C.

Die Kohlensäure betrug pro Kilo und Stunde:

319,5 ccm.

III. Serie. (4. Oct.)

Es war nunmehr meine Absicht, systematisch bei demselben Thier die innere Temperatur zu variiren und die entsprechende Energie der Oxydation zu messen.

Versuch I.

Kaninchen von 1500 gr. Gewicht mit Curare vergiftet.

Zeit	11 Uhr 2 Min.	5	15	20	25	35	40	41
Temperatur des Thieres in ° C.	37,3		37,5	36,8	36,4	36,1	35,6	36,2	36,6

Das Anfangs freie Thier wird gegen Ende des Versuches in ein warmes Bad gesenkt (zum Verständniss des Ganges der Temperatur zu bemerken).

a) Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 601,56 ccm
(Für die Gasanalyse) Temperatur . . . . = 15,8° C.
Druck . . . . . . = 737,33 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Volum a . . . . . . = 551,71 ccm

b) Endvolum im Spirometer I . . . . = 285,09 ccm
Temperatur . . . . = 16,6° C.
Druck . . . . . . = 736,64 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Volum b . . . . . . = 260,50 ccm
Also verbrauchter Sauerstoff (39 Minuten) . . . . = 291.21 ccm

Dies ergiebt pro 1 Kilo und 1 Stunde:

298,65 ccm.

Die Temperatur des Thieres betrug im Mittel:

36,9° C.

Die Kohlensäureproduction betrug pro Kilo und Stunde:

368,7 ccm.

Versuch II.

Anfang des Versuches 11 Uhr 41 Minuten.

Zeit	11 Uhr 41 Min.	45	50	12 Uhr	10	15
Temperatur des Thieres in ° C.	36,6°	38,8	40,5	41,5	41,9	42

a) Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 965,71
Temperatur . . . . = 16,8° C.
Druck . . . . = 736,88 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Volum a . . . . . = 883,62 ccm
b) Endvolum im Spirometer II . . . . = 544,86 ccm
Temperatur . . . . = 16,9°
Druck . . . . = 736,35 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Volum b . . . . . = 497,16 ccm
Also Sauerstoffverbrauch in 34 Minuten . . . . . = 386,46 ccm
Also „ für 1 Kilo und 1 Stunde:

454,4 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war während dieses Zeitraumes:

40,4° C.

Die Kohlensäureproduction pro Kilo und Stunde betrug:

418,5 ccm.

Versuch III.

Anfang des Versuches 12 Uhr 15 Minuten.

Zeit . . .	12 Uhr 15 Min.	22	25	30	34	37	40
Temperatur des Thieres in °C.	42	42	40,9	39,7	39	38,3	37,5

Anfang und Ende des Versuches ergeben dieselbe Temperatur für die Analyse des Gases im Spirometer. Da auch der Druck unverändert, wird die Differenz der Volumina reducirt:

Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 826,27 ccm
Endvolum im Spirometer I . . . . = 401,562 ccm
Also verbrauchter Sauerstoff im Spirometer I . . . . . . = 424,75 ccm
Temperatur . . . . = 16,9° C.
Druck . . . . = 736,35 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Volum . . . . . = 387,56 ccm

Da diese auf 25 Minuten bezüglich, so ergibt sich auf 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde ein Sauerstoffverbrauch von:

620,2 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

40,8° C.

Die Kohlensäureproduction pro Kilo und Stunde betrug:

507,8 ccm.

Versuch IV.

Anfang des Versuches 12 Uhr 40 Minuten.

Zeit	12 Uhr 40 Min.	45	51	55	1'1"	7
Temperatur des Thieres in °C.	37,5	36,3	35,2	34,0	32,7	31,6

Durch das Versehen eines Assistenten wurde aus den Respirationsventilen die Kalilauge entleert am Ende des Versuches, noch bevor die Entablesung am Spirometer II gemacht war. Deshalb ist der Sauerstoffverbrauch in diesen 27 Minuten unbekannt.

Die mittlere Temperatur war:

34,4°

Die Kohlensäureproduction pro Kilo und Stunde betrug:

291,9 ccm.

Versuch V.

Anfang des Versuches 1 Uhr 7 Min**u**ten.

Zeit	1 Uhr 7 Min.	15	20	30	34	39
Temperatur des Thieres in ° C.	31,6	30,7	33,3	35,6	36,4	37,6

Aus demselben Grunde wie bei Versuch III (S. diesen) ist die Differenz der Volumina im Spirometer I zu berechnen.

Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 813,01 ccm
Endvolum im Spirometer I . . . . = 454,62 ccm
Verbrauchter Sauerstoff also . . . . = 358,39 ccm
Temperatur . . . . = 16,5° C.
Druck . . . . = 736,71 mm
Auf 0° und 760 mm reducirter Sauerstoff . . . . = 327,62 ccm

Da dieser Werth sich auf 32 Minuten bezieht, so folgt für 1 Kilo und 1 Stunde ein Sauerstoffverbrauch von:

409,6 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres während dieser Zeit war:

33,5° C.

Die Kohlensäureproduction war pro Kilo und Stunde:

438,6 ccm.

Versuch VI.

Anfang des Versuches um 1 Uhr 39 Minuten.

Zeit	1 Uhr 39 Min.	44	49	55	2 Uhr	2
Temperatur des Thieres in ° C.	37,6	38,5	39,2	39,8	40,4	40,6

Wegen des gleichen Verhaltens von Druck und Temperatur für die Analyse des Gases im Spirometer wie bei dem vorhergehenden Versuche, wird die Differenz der Volumina berechnet:

Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 999,06 ccm
Endvolum im Spirometer II . . . . = 574,29 ccm
Also Sauerstoffverbrauch in 23 Minuten . . . . . = 424,77 ccm
Temperatur . . . . = 16,5° C.
Druck . . . . = 736,71 mm

Also auf 0° C. und 760 mm reducirter Sauerstoff. . = 388,31 ccm.
Hieran folgt für 1 Kilo Thier und 1 Stunde ein Sauerstoffverbrauch von:

675,2 ccm.

Die mittlere Temperatur betrug:

39,5° C.

Die Kohlensäureproduction betrug pro Kilo und Stunde:

594,4 ccm.

Das Thier wurde nun sich selbst überlassen, — sein Herzschlag war kräftig; es war noch narkotisirt, das heisst erstickte ohne Bewegung.

Tabelle von Serie III.

Nummer des Versuches	Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo und 1 Stunde in ccm auf 0° und 0,76 M. reduc.	Temperatur des Thieres, eventuell mittlere.	Angabe der Grenzen, innerhalb welcher die Temperatur des Thieres schwankte.	Dauer des einzelnen Versuches in Minuten	Kohlensäureausscheidung pro Kilo u. Stunde in ccm auf 0° C. u. 0,76 M. reducirt.
1.	298,6	36,9° C.	sinkt von 37,8 auf 35,6° C. u. steigt wieder bis 36,6°	39	363,7
2.	454,4	40,4°	steigt von 36,6° bis 42°.	34	413,5
3.	620,2	40,3°	sinkt von 42 auf 37,5°.	25	507,3
4.	Verunglückt.	34,4°		27	291,9
5.	409,6	33,5°	sinkt von 31,6° auf 30,7° u. steigt von 30,7 auf 37,6° C.	32	433,6
6.	675,2	39,5°	steigt von 37,6° auf 40,6° C.	23	594,4

Aus dieser Tabelle wird es nun angemessen sein eine solche zu construiren, welche die in der Zeit und in der Temperatur zusammenliegenden Versuche zu je einem Versuche zusammenzieht. Da der Sauerstoffwerth für Versuch 4 dieser Serie fehlte, wären somit nur Versuch 2 u. 3 zu einem Versuche von 59 Minuten zusammenzuziehen. Die Kohlensäure verstattet hingegen noch Versuch 4 u. 5 zu einem Versuche zu combiniren.

Dieselbe Tabelle mit grösseren Zeiträumen.

Nummer des Versuchs	Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo u. 1 Stunde in ccm auf 0° C. u. 76 M. reduc.	Temp. des Thieres, eventuell mittlere, in ° C.	Angabe der Grenzen, innerhalb welcher die Temperatur des Thieres schwankte	Dauer des Versuches in Minuten	Kohlensäureausscheidung auf 1 Kilo und 1 Stunde in ccm auf 0° C. und 0,76 M. reduc. in ccm
1.	298,6	36,9	sinkt von 37,8 auf 35,6° C. und steigt wieder bis 36,6.	39	363,7

Nummer des Versuchs	Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo u. 1 Stunde in ccm auf 0° C. u. 0,76 M. reduc.	Temp. des Thieres, eventuell mittlere in ° C.	Angabe der Grenzen, innerhalb welcher die Temperatur des Thieres schwankte	Dauer des Versuches in Minuten	Kohlensäureausscheidung auf 1 Kilo und 1 Stunde in ccm auf 0° C. und 0,76 M. reduc. in ccm.
2. 3.	524,8	40,4	steigt von 36,6 bis 42° und sinkt von 42 auf 37,5°.	59	453,2
4.		34,4	sinkt von 37,5 auf 31,6.	27	368,9
5.	409,6	33,5	sinkt von 31,6 auf 30,7 u. steigt von 30,7 auf 37,6.	32	
6.	675,2	39,5	steigt von 37,6 auf 40°.	23	594,4

IV. Serie (6. Oct.)

Bedingungen wie bei Serie III.

Kaninchen = 2050 gr.

Versuch I verunglückt.

Versuch II.

Anfang des Versuches 10 Uhr 8 Minuten.

Zeit	10 Uhr 8 Min.	13	18	23	28	33
Temperatur des Thieres in ° C.	38,8	39,1	40,0	40,9	41,5	42

Temperatur des Bades. . . . Bad hat anfänglich 44,5° C. und fällt auf 43°.

Das Thier bekommt einige Zuckungen und erhält deshalb um 10 Uhr 23 Minuten noch $^1/_2$ mg Curare.

a) Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 949,06 ccm
Temperatur . . . . = 16,90° C.
Druck . . . . = 750,41 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Anfangsvolum . . . = 882,51 ccm
b) Endvolum im Spirometer II . . . . = 480,11 ccm
Temperatur. . . . . = 17,8° C.
Druck . . . . = 749,57 ccm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Endvolum . . . . = 444,57 ccm
Also verbrauchter Sauerstoff (in 25 Minuten) . . . = 437,94 ccm

Also Sauerstoffverbrauch für 1 Kilo Thier und 1 Stunde:

512,8 ccm.

Die mittlere Temperratur des Thieres war:

40,3° C.

Die Kohlensäure pro Kilo und Stunde betrug:

584,1 ccm.

Versuch III.

Anfang des Versuches 10 Uhr 33 Minuten.

Zeit	10 Uhr 33 Min.	38	43	48	53	59
Temperatur des Thieres in ° C.	42,0	42,3	42,6	42,6	42,6	42,7
Temperatur des Bades	43,0		42,5		42	

a) Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 800,76 ccm
Temperatur . . : . = 18,2° C.
Druck . . . . = 749,19 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Anfangsvolum . . . = 740,07 ccm
b) Endvolum im Spirometer I . . . . = 320,45 ccm
Temperatur . . . . = 17,9° C.
Druck . . . . = 749,48 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Endvolum . . . = 296,58 ccm
Also verbrauchter Sauerstoff (in 26 Minuten) . . . = 443,49 ccm
Also Sauerstoffverbrauch für 1 Stunde und 1 Kilo Thier:

499,2 ccm.

Die Mitteltemperatur des Thieres war:

42,5° C.

Die Kohlensäure pro Kilo und Stunde betrug:

588,4 ccm.

Versuch IV.

Anfang des Versuches 10 Uhr 59 Minuten.

Zeit	10 Uhr 59 Min.	11 Uhr 4	9	14	19
Temperatur des Thieres in ° C.	42,7	42,5	42,4	42,3	42,2
Temperatur des Bades . . .	Nicht notirt.				

Anfang und Ende des Versuches zeigt gleichen Druck und Temperatur für die Analyse des Gases im Spirometer; also Reduction der Differenz des Anfang- und Endvolums.

Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 916,41 ccm
Endvolum im Spirometer II . . . . = 513,46 ccm
Also verbrauchter Sauerstoff . . . . = 402,95 ccm
Temperatur . . . . = 17,8° C.
Druck . . . . = 749,57 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirter Sauerstoff . . . = 373,11 ccm

Also, da dieser Werth auf 20 Minuten bezüglich, ergibt sich für 1 Stunde und 1 Kilo Thier ein Sauerstoffverbrauch von:

545,9 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

42,3° C.

Die Kohlensäure pro Kilo und Stunde betrug:

663,0 ccm.

Versuch V.

Anfang des Versuches 11 Uhr 19 Minuten.

Zeit	11 Uhr 19 Min.	24	29	34	38	40	41
Temperatur des Thieres in ° C.	42,2	41,6	40,5	39,6	38,5	37,9	37,8

Temperatur des Bades . . . 11 Uhr 20 Min. Bad von 27° C. hergerichtet; um 11 Uhr 34 Min. wird das Bad auslaufen lassen, um das Thier bloss zu legen und mit kaltem Wasser zu übergiessen.

Anfang und Ende des Versuches ergeben gleichen Druck und Temperatur für die Analyse der Gase im Spirometer.

Anfangsvolum im Spirometer I	= 801,55 ccm
Endvolum " " "	= 390,77 "
Verbrauchtes Sauerstoffvolum also	= 410,78 "
Temperatur	= 17,8° C.
Druck	= 749,57 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirter Sauerstoff	= 380,36 ccm

Da dieser Werth auf 22 Minuten bezüglich, so ergibt sich für 1 Stunde und 1 Kilo Thier ein Sauerstoffverbrauch von:

506,1 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

40,2 ° C.

Die Kohlensäure pro Kilo und Stunde betrug:

493,1 ccm.

Versuch VI.

Anfang des Versuches 11 Uhr 41 Minuten.

Zeit	11 Uhr 41 Min.	46	51	56	12 Uhr 3
Temperatur des Thieres in ° C.	37,8	36,4	35,1	33,5	32,3

Temperatur des Bades . . . Das Thier liegt nicht im Bade, zuckt beim kalten Uebergiessen und erhält noch 1/2 Milligramm Curare.

Anfang und Ende des Versuchs ergibt gleichen Druck und Temperatur für die Analyse des Sauerstoffs im Spirometer; darum Reduction der Differenz des Anfang- und Endvolums.

Anfangsvolum im Spirometer II	= 936,28 ccm
Endvolum " " "	= 664,54 "
Also Sauerstoffverbrauch "	= 271,74 "
Temperatur	= 17,6° C.
Druck	= 749,76 mm

Auf 0° C. und 760 mm reducirter Sauerstoff . . . . = 251,86 ccm

Hieraus, da der Werth sich auf 22 Minuten bezieht, ergiebt sich für 1 Stunde und 1 Kilo Thier ein Sauerstoffverbrauch von:

385,1 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

34,8° C.

Die Kohlensäure pro Kilo und Stunde betrug:

345,1 ccm.

Versuch VII.

Anfang 12 Uhr 3 Minuten.

Zeit	12 Uhr 3 Min.	8	18	21	22
Temperatur des Thieres in °C.	32,3	31,7	31,0	31,0	30,9
Temperatur des Bades . . .	Bad von 34° C. erneuert.				

Anfang und Ende des Versuches ergeben gleichen Druck und Temperatur für die Analyse der Gase im Spirometer; darum Reduction der Differenz der Volumina.

Anfangsvolum im Spirometer I	=	796,1 ccm
Endvolum im Spirometer I	=	656,15 „
Also verbrauchter Sauerstoff	=	139,95 „
Temperatur	=	18° C.
Druck	=	749,38 mm
Verbrauchter Sauerstoff auf 0° und 760 mm reducirt .	=	129,47 ccm

Diese auf 19 Minuten bezügliche Zahl ergibt für 1 Stunde und 1 Kilo Thier einen Sauerstoffverbrauch von:

199,4 ccm.

Mittlere Temperatur des Thieres für die 19 Minuten des Versuches:

31,4° C.

Die Kohlensäureausscheidung betrug pro Kilo und Stunde:

288,4 ccm.

Versuch VIII.

Anfang 12 Uhr 22 Minuten.

Zeit	12 Uhr 22 Min.	28	33	38	43	48	53	57
Temperatur des Thieres in °C.	30,9	31,2	31,8	33,2	34,2	35,7	36,8	37,5
Temperatur des Bades. . . .	Bad von 44° C. im Anfang hergerichtet, in dem sich das Kaninchen befindet.							

Anfang und Ende des Versuches ergeben gleichen Druck und Temperatur für die Analyse der Gase im Spirometer.

Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 914,42 ccm
Endvolum im Spirometer II . . . . = 428,22 „
Also verbrauchtes Sauerstoffvolum . . . . = 486,2 „
Temperatur . . . . = 18,4° C.
Druck . . . . = 748,99 mm
Auf 0° und 760 mm reducirter verbrauchter Sauerstoff = 448,92 ccm

Da dieser Werth für 35 Minuten gilt, so folgt für 1 Stunde und 1 Kilo Kaninchen ein Sauerstoffverbrauch von:

882,2 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

38,7° C.

Die Kohlensäureausscheidung pro Stunde und Kilo betrug:

858,1 ccm.

Versuch IX.

Anfang des Versuches 12 Uhr 57 Minuten.

Zeit	12 Uhr 57 M.	1 Uhr 2 M.	7	12	17	22
Temperatur des Thieres in °C.	37,5	38,3	39,6	40,8	41,6	42,2
Temperatur des Bades.	Nicht notirt.					

a. Anfangsvolum im Spirometer I. . . . . = 763,29 ccm
Temperatur . . . . = 18,4° C.
Druck . . . . = 748,99 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Anfangsvolum . . . = 704,76 ccm
b. Endvolum im Spirometer I . . . . = 451,54 „
Temperatur . . . . = 18,0° C.
Druck . . . . = 749,37 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Endvolum . . . . = 417,71 ccm
Also auf 0° und 760 mm reducirter verbrauchter Sauerstoff . . . . : . . . . . . = 287,05 „

Dieser auf 25 Minuten bezügliche Werth ergibt für 1 Stunde und 1 Kilo Thier einen Sauerstoffverbrauch von:

886,0 ccm.

Mittlere Temperatur des Thieres:

39,9° C.

Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:

489,0 ccm.

Versuch X.

Anfang 1 Uhr 22 Minuten.

Zeit	1 Uhr 22 Min.	25	30	35	40	42
Temperatur des Thieres in °C.	42,2	42,4	42,4	42,8	43,3	43,2

Temperatur des
Bades. . . . Um 1 Uhr 40 Minuten war das warme Wasser abgelassen aus der Wanne, um das Thier sich abkühlen zu lassen.

a. Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 900,51 ccm
Temperatur . . . . = 18,4° C.
Druck . . . . = 748,99 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Anfangsvolum . . = 831,47 ccm
b. Endvolum im Spirometer II . . . . = 552,70 „
Temperatur . . . . = 18,0° C.
Druck . . . . = 749,38 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Endvolum . . . = 511,29 ccm
Also in 20 Minuten verbrauchter Sauerstoff . . . = 320,18 „
Dies macht für 1 Stunde und 1 Kilo Thier einen Sauerstoffverbrauch von:
468,6 ccm.
Mittlere Temperatur des Thieres war:
42,7° C.
Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:
484,8 ccm.

Versuch XI.

Anfang 1 Uhr 42 Minuten.

Zeit	1 Uhr 42 Min.	45	50	55	2 Uhr 2 Min.
Temperatur des Thieres in ° C.	43,2	42	41	37,8	36,1

Temperatur des
Bades. . . . Kalte Uebergiessungen.

a. Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 766,42 ccm
Temperatur . . . . = 18° C.
Druck . . . . = 749,38 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Anfangsvolum . . = 709,00 ccm
b. Endvolum im Spirometer I . . . . = 503,91 ccm
Temperatur . . . . = 17,6° C.
Druck . . . . = 749,76 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Endvolum . . . = 467,04 ccm
Also verbrauchter Sauerstoff (in 20 Minuten) . . . = 241,96 „
Also auf 1 Stunde u. 1 Kilo Thier ergibt sich ein Sauerstoffverbrauch von:
354,1 ccm.
Mittlere Temperatur des Thieres:
39,6° C.
Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:
463,8 ccm.

Als das Thier jetzt durch Unterbrechung der künstlichen Respiration getödtet wurde, erschienen einige leichte Zuckungen während der Erstickung.

Tabelle der Serie IV.

Nummer des Versuchs	Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo u. 1 Stunde in ccm auf 0° C. u. 76 M. reduc.	Temp. des Thieres, eventuell mittlere.	Angabe der Grenzen, innerhalb welcher die Temperatur des Thieres schwankte	Zeit der Injection des Curare	Dauer des einzelnen Versuches in Minuten	Kohlensäureproduction pro Kilo und Stunde in ccm auf 0° C. u. 0,76 M. reducirt
1.				eine halbe Stunde vor Versuch I. Subcut. Injection von Curare.		468,3
2.	512,8	40,3	steigt von 38,8 bis 42°		25	534,1
3.	499,2	42,5	steigt von 42 bis 42,7°		26	588,4
4.	545,9	42,3	sinkt von 42,7 auf 42,2°		20	663,0
5.	506,1	40,2	sinkt von 42,2 auf 37,8°		22	493,1
6.	335,1	34,8	sinkt von 37,8 auf 32,3°		22	345,1
7.	199,4	31,4	sinkt von 32,3 auf 30,9°		19	288,4
8.	382,2	33,7	steigt von 30,9 auf 37,5°		35	353,0
9.	336,0	39,9	steigt von 37,5 auf 42,2°		25	439,0
10.	468,6	42,7	steigt von 42,2 auf 43,2°		20	484,3
11.	354,1	39,6	sinkt von 43,2 auf 36,4°		20	463,3

Tabelle der Serie IV mit grösseren Zeiträumen.

Nummer des Versuchs	Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo u. 1 Stunde auf 0° C. und 0,76 M. reduc.	Temp. des Thieres eventuell mittlere, in °C.	Dauer der einzelnen Versuche in Min.	Kohlensäureproduction pro Kilo u. Stunde in ccm auf 0° C. und 0,76 M. reducirt
2. 3. 4. 5.	514,5	41,3°	93	567,3
6. 7. 8.	319,7	33,4°	76	334,5
9. 10. 11.	382,4	40,6°	65	460,3

V. Serie. (8. Oct.)

Bedingungen wie bei den vorhergehenden Serien.

Kaninchen von 1700 gr Gewicht erhält 9 Uhr eine subcutane Injection von 0,004 gr Curare.

Versuch I.

Anfang des Versuches 9 Uhr 33 Minuten.

Zeit	9 Uhr 33 Min.	38	45	48	58
Temperatur des Thieres in °C.	37,8	37,9	38,1	38,1	38,2
Temperatur des Bades.	Das Thier befindet sich im Bade von 37°.				

a) Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 829,87 ccm
Temperatur . . . . = 14,3° C.
Druck . . . . = 751,96 mm
Auf 0° C. und 76 mm reducirtes Anfangsvolum (a) . = 780,27 ccm
b) Endvolum im Spirometer I . . . . = 488,46 „
Temperatur . . . . = 16,9° C.
Druck . . . . = 749,77 mm
Auf 0° C. und 76 mm reducirtes Endvolum . . . = 453,82 ccm
Also verbrauchter Sauerstoff (25 Minuten) . . . . = 336,45 „
Also Sauerstoffverbrauch für 1 Stunde und 1 Kilo Thier:
475,0 ccm.
Mittlere Temperatur des Thieres war:
38,0° C.
Die Kohlensäureproduction betrug pro Kilo und Stunde:
519,5 ccm.

Versuch II.

Anfang des Versuches 9 Uhr 58 Minuten.

Zeit	9 Uhr 58 Min.	3	6	9	13	15	18	20	23
Temperatur des Thieres in °C.	38,2	38,9	39,5	39,8	40,2	40,5	40,8	41,2	41,4
Temperatur des Bades . . .	Bad hergerichtet von 43,5°, welches allmählig bis zu Ende auf 42° herabsinkt.								

a) Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 907,45 ccm
Temperatur . . . . = 14,3° C.
Druck . . . . = 751,96 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Anfangsvolum (a) . = 853,20 ccm

b) Endvolum im Spirometer II . . . . = 399,52 ccm
Temperatur . . . . = 17,1° C.
Druck . . . . = 749,49 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Endvolum (b) . . . = 370,80 ccm
Also Sauerstoffverbrauch in 25 Minuten . . . . . = 482,4 „
Also Sauerstoffverbrauch für 1 Stunde und 1 Kilo Thier:

681,0 ccm.

Mittlere Temperatur des Thieres war:

39,9° C.

Die Kohlensäureproduction betrug pro Kilo und Stunde:

667,0 ccm.

Versuch III.

Anfang 10 Uhr 23 Minuten.

Zeit	10 Uhr 23 Min.	33	38	45	48
Temperatur des Thieres in ° C.	41,4	42	42,1	42,2	42,1
Temperatur des Bades . . .	Im Anfange 42°, allmählig wenig absinkend.				

Druck und Temperatur des Spirometergases am Anfang und Ende des Versuches gleich. Darum Reduction der Differenz der Volumina:

Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 836,91 ccm
Endvolum im Spirometer I . . . . = 370,77 „
Also Sauerstoffverbrauch in 25 Minuten . . . . . . = 466,14 „
Temperatur . . . . = 17,5° C.
Druck . . . . = 749,22 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirter Sauerstoff . . . = 431,87 ccm
Also Sauerstoffverbrauch für 1 Stunde und 1 Kilo Thier:

609,7 ccm.

Mittlere Temperatur des Thieres war:

42° C.

Die Kohlensäureproduction betrug pro Kilo und Stunde:

625,5 ccm.

Versuch IV.

Anfang des Versuches 10 Uhr 48 Minuten.

Zeit	10 Uhr 48 Min.	58	11 Uhr 3 Min.	8
Temperatur des Thieres in ° C.	42,1	42,0	41,8	41,5
Temperatur des Bades . . .	Nicht notirt.			

Temperatur und Druck des Spirometergases am Anfang und Ende des Versuches gleich. Darum Reduction der Volumdifferenz:

Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 976,5 ccm
Endvolum im Spirometer II . . . . = 609,6 ccm
Sauerstoffverbrauch also (20 Minuten) . . . . = 366,9 ccm
Temperatur . . . . = 17,5° C.
Druck . . . . = 749,22 ccm
Auf 0° C. und 760 mm reducirter Sauerstoff . . . = 339,93 ccm
Also Sauerstoffverbrauch auf 1 Stunde und 1 Kilo Thier:

599,8 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

41,9° C.

Die Kohlensäureproduction betrug pro Kilo und Stunde:

696,7 ccm.

Versuch V.

Anfang 11 Uhr 8 Minuten.

Zeit	11 Uhr 8 Min.	13	18	23	28	29
Temperatur des Thieres in ° C.	41,5	41,0	38,8	38	37,6	37,6
Temperatur des Bades . . .	Wasser wird auslaufen lassen. Thier mit kaltem Wasser übergossen.			Das Bad erneuert: es hat 38°.		

Druck und Temperatur des Gases im Spirometer am Anfang und Ende des Versuches gleich. Darum Reduction der Volumdifferenz:

Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 818,6 ccm
Endvolum im Spirometer I . . . . = 517,97 „
Also Sauerstoffverbrauch in 21 Minuten . . . . . = 300,63 „
Temperatur . . . . = 17,8° C.
Druck . . . . = 748,93 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirter Sauerstoff . . . = 278,13 ccm
Also Sauerstoffverbrauch für 1 Stunde und 1 Kilo Thier:

467,4 ccm.

Mittere Temperatur des Thieres:

39,2° C.

Die Kohlensäureproduction konnte nicht ermittelt werden, weil die Flasche, in welcher die Kalilauge aufbewahrt worden war, im verschlossenen Schranke einen Sprung erhalten hatte, sodass die Lauge auslief.

Versuch VI.

Anfang des Versuches 11 Uhr 29 Minuten.

Zeit	11 Uhr 29 Min.	34	39	44
Temperatur des Thieres . . .	37,6	37,5	37,6	37,6

Temperatur des Bades . . . Nicht notirt, aber so regulirt, dass die Temperatur des Thieres constant blieb.

a. Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 904,48 ccm
Temperatur . . . . = 18,2° C.
Druck . . . . = 748,55 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Anfangsvolum . . = 835,21 ccm
b. Endvolum im Spirometer II . . . . = 650,8 „
Temperatur. . . . . = 17,5° C.
Druck . . . . = 749,22 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Endvolum . . . = 602,95 ccm
Also Sauerstoffverbrauch in 15 Minuten . . . . . . = 232,26 „
Also Sauerstoffverbrauch in 1 Stunde und für 1 Kilo Thier:
546,4 ccm.
Mittlere Temperatur des Thieres war:
37,6° C.
Die Kohlensäureproduction betrug pro Kilo und Stunde:
516,9 ccm.

Versuch VII.

Anfang des Versuchs 11 Uhr 44 Minuten.

Zeit	11 Uhr 44 Min.	49	54	59	12 Uhr 4 Min.	6
Temperatur des Thieres in °C.	37,6	37,6	36	35,2	32,6	32,2
Temperatur des Bades . . .				Ablass des Wassers aus dem Bade und kalte Uebergiessungen.		

Druck und Temperatur des Gases im Spirometer für Anfang und Ende des Versuches gleich. Darum Reduction der Volumdifferenz:

Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 796,10 ccm
Endvolum im Spirometer I . . . . = 547,66 „
Also Sauerstoffverbrauch in 22 Minuten . . . . . . = 248,44 „
Temperatur . . . . = 17,8° C.
Druck . . . . = 748,93 mm
Auf ° C. und 760 mm reducirter Sauerstoff . . . . = 229,84 ccm
Also Sauerstoffverbrauch für 1 Stunde und 1 Kilo Thier:
368,8 ccm.
Die mittlere Temperatur des Thieres betrug:
35,7° C.
Die Kohlensäureproduction pro Kilo und Stunde betrug:
485,6 ccm.

Versuch VIII.

Anfang des Versuchs 12 Uhr 6 Minuten.

Zeit	12 Uhr 6 Min.	9	13	18	21	27	29
Temperatur des Thieres in ° C.	32,2	31,1	29,1	28,5	28,1	27,7	27,6

Bad entfernt, Thier liegt bloss.

a) Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 922,37 ccm
Temperatur . . . . = 17,8° C.
Druck . . . . = 748,93 mm
Auf ° C. und 760 mm reducirtes Anfangsvolum . . = 853,34 ccm

b. Endvolum im Spirometer II . . . . = 797,96 „
Temperatur . . . . = 18,2° C.
Druck . . . . = 748,55 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Endvolum . . . = 736,85 ccm
Also in 23 Minuten verbrauchter Sauerstoff . . . = 116,49 „
Also Sauerstoffverbrauch für 1 Stunde und 1 Kilo:

178,7 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres betrug:

29,0 ° C.

Die Kohlensäureproduction pro Kilo und Stunde betrug:

307,5 ccm.

Versuch IX.

Anfang des Versuchs 12 Uhr 29 Minuten, wobei das Thier, da es Zuckungen zeigte, nochmals 0,002 gr Curare erhält.

Zeit . . .	12 Uhr 29 Min.	34	37	41	45	50	55	1 Uhr	5	10
Temperatur des Thieres in ° C. . .	27,6	27,8	28,2	28,8	29,5	30,6	32,3	33,2	34,3	35,5

Temperatur des Bades. Aufs neue wird das Thier in ein Bad von 42° versenkt.

Druck und Temperatur des Gases in Spirometer I am Anfange und Ende des Versuches gleich. Deshalb Reduction der Volumdifferenz.

Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 828,58 ccm
Endvolum im Spirometer I . . . . = 533,59 „
Also Sauerstoffverbrauch in 41 Minuten . . . . . . = 294,99 „
Temperatur . . . . = 18,2° C.
Druck . . . . = 748,55 mm
Auf 0° und 760 mm reducirter Sauerstoff . . . . = 272,40 ccm
Also Sauerstoffverbrauch für 1 Stunde und 1 Kilo Thier:

234,5 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres betrug:

30,9° C.

Die Kohlensäureproduction pro Kilo und Stunde betrug:

228,1 ccm.

Tabelle der Serie V.

Nummer des Versuchs	Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo u. 1 Stunde in ccm auf 0° C. u. 76 M. reducirt.	Temp. des Thieres, eventuell mittlere, in ° C.	Angabe der Grenzen, innerhalb welcher die Temperatur des Thieres schwankte	Zeitpunkt der Injection des Curare	Dauer des einzelnen Versuchs in Minuten	Kohlensäureproduction für 1 Stunde und 1 Kilo Thier in ccm auf 0° C. und 0,76 M. reducirt
1.	475,0	38,0	steigt von 37,8 bis 38,2° C.	einehalbe Stunde vor Versuch 1 subcutane Injection von 0,004 gr Curare	25	519,5
2.	681,0	39,9	steigt von 38,2 bis 41,4° C.		25	667,0
3.	609,7	42	steigt von 41,4 bis 42,1° C.		25	625,5
4.	599,8	41,9	sinkt von 42,1 auf 41,5° C.		20	696,7
5.	467,4	39,2	sinkt von 41,5 auf 37,6° C.		21	Verunglückt
6.	546,4	37,6	constant		15	516,9
7.	368,8	35,7	sinkt von 37,6 auf 32,3° C.		22	485,6
8.	178,7	29,0	sinkt von 32,2 auf 27,6° C.		23	307,8
9.	234,5	30,9	steigt von 27,6 auf 35,5° C.		41	228,1

Tabelle der Serie V mit grösseren Zeiträumen.

Nummer des Versuchs	Sauerstoffverbrauch für 1 Stunde und 1 Kilo Thier in ccm auf 0° C. u. 0,76 M. reducirt	Temp. des Thieres, eventuell mittlere	Dauer des Versuches in Minuten	Kohlensäureproduction für 1 Stunde und 1 Kilo in ccm auf 0° C. und 0,76 M. reducirt
1.	425,0	38,0°	25	464,8
2. 3. 4.	632,4	41,2°	70	660,6
5. 6. 7.	450,3	37,4°	58	468,9
8. 9.	214,4	30,2°	54	256,6

VI. Serie. (14. Oct.)

Bedingungen wie bei den vorhergehenden Serien.

Die Kohlensäurebestimmung wegen Benetzung der Gummischläuche mit Lauge verunglückt.

Kräftiges Kaninchen von 2000 gr. Gewicht erhält vor dem Versuche 0,003 gr. Curare.

Versuch I.

Zeit	2 Uhr 24 Min.	29	34	39	44
Temperatur des Thieres in ° C.	38,8°	39,0°	39,3°	39,3°	39,3°
Temperatur des Bades . . .	Schwankte um 37,5° C.				

Druck und Temperatur des Gases im Spirometer I am Anfang und Ende des Versuches gleich. Deshalb Reduction der Differenz der Volumina:

Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 818,6 ccm
Endvolum im Spirometer I . . . . = 429,25 „
Also verbrauchtes Sauerstoffvolum . . . . = 389,35 „
Temperatur . . . . = 16,2° C.
Druck . . . . . . = 718,20 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Volum . . . . = 347,35 ccm

Hieraus folgt für 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde ein Sauerstoffverbrauch von:

521,0 ccm.

Die fast constante Temperatur des Thieres betrug im Mittel:

39,2° C.

Versuch II.

Anfang 2 Uhr 44 Miuuten.

Zeit	2 Uhr 44 Min.	49	54	59	3 Uhr 4 Min.
Temperatur des Thieres in ° C.	39,3°	39,1°	39,0°	38,9°	39,0°
Temperatur des Bades . . .	Nicht notirt.				

Am Anfang und Ende des Versuches Druck und Temperatur des Gases im Spirometer II unverändert.

Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 955,90 ccm
Endvolum im Spirometer II . . . . = 619,41 „

Also verbrauchtes Sauerstoffvolum . . . . = 336,49 ccm
Temperatur . . . . = 16,2°·C.
Druck . . . . = 718,2° C.
Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Sauerstoffvolum . = 300,20 ccm
Auf 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde Sauerstoffverbrauch:

450,8 ccm.

Die fast constante Temperatur des Thieres betrug im Mittel:

39,0 C.

Versuch III.

Anfang 3 Uhr 4 Minuten.

Zeit	3 Uhr 4 Min.	9	14	19	24
Temperatur des Thieres in ° C.	39,0°	39,0	39,1	39,2	39,3
Temperatur des Bades . . .	Nicht notirt.				

Da Anfangstemperatur = 16,5, Endtemperatur = 16,3° C., wird die mittlere Temperatur 16,4° C. zur Berechnung des verbrauchten Gases genommen und da auch der Druck unverändert, die Differenz der Volumina reducirt:

Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 775,32 ccm
Endvolum im Spirometer I . . . . = 379,85 „
Also verbrauchtes Sauerstoffvolum . . . . = 395,47 „
Temperatur . . . . = 16,4° C.
Druck . . . . = 718,03 mm
Also auf 0° C. und 760 mm reducirtes Sauerstoffvolum = 352,38 ccm
Auf 1 Stunde und 1 Kilo Kaninchen verbrauchter Sauerstoff:

528,5 ccm

Die fast constante mittlere Temperatur des Thieres war:

39,1° C.

Versuch IV.

Anfang 3 Uhr 24 Minuten.

Zeit	3 Uhr 24 Min.	29	34	39	44
Temperatur des Thieres in ° C.	39,2	39,2	39,4	39,8	40
Temperatur des Bades . . .	Bad von 43° C. hergerichtet.				

Das Thier erhält mit dem Anfang dieses Versuches noch 0,002 gr. Curare, weil schwache Zuckungen bemerkt worden waren.

Anfangstemperatur des Versuches = 16,5°, Endtemperatur = 16,3° C., deshalb wird die Reduction der Differenz der Gasvolumina auf die Temperatur 16,4° ausgeführt, da auch der Druck ungeändert geblieben.

Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 834,85 ccm
Endvolum im Spirometer II . . . . = 424,39 „
Also verbrauchtes Sauerstoffvolum . . . . = 410,46 „
Temperatur . . . . = 16,4° C.
Druck . . . . . . = 718,03 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Sauerstoffvolum . = 365,83 ccm

Auf 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde kommt also ein Sauerstoffverbrauch von:

548,7 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

39,5° C.

Versuch V.

Anfang 3 Uhr 44 Minuten.

Zeit	3 Uhr 44 Min.	49	54	59	4 Uhr 4 Min.
Temperatur des Thieres in ° C.	40,0	40,3	40,6	40,8	41,2
Temperatur des Bades . . .	Bad 41,7 sinkend auf 40°.				

Temperatur für die Analyse des Anfangsvolum = 16,5, für das Endvolum 16,4°; deshalb wird die Differenz der Volumina für 16,4° reducirt, da auch der Druck constant blieb.

Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 752,35 ccm
Endvolum im Spirometer I . . . . = 379,49 „
Verbrauchtes Sauerstoffvolum . . . . = 372,87 „
Temperatur . . . . = 16,4° C.
Druck . . . . . . = 718,03 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Sauerstoffvolum . . = 332,33 ccm

Auf 1 Kilo und 1 Stunde berechneter Sauerstoffverbrauch:

498,4 ccm.

Die mittere Temperatur des Thieres war:

40,6° C.

Versuch VI.

Anfang 4 Uhr 4 Minuten.

Zeit	4 Uhr 4 Min.	9	14	19	24
Temperatur des Thieres in ° C.	41,2	41,3	41,4	41,6	41,8
Temperatur des Bades . . .	Wird auf 43 gehalten.				

a) Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 849,92 ccm
Temperatur . . . . = 16,9° C.
Druck . . . . . . = 717,58 mm

Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Sauerstoffvolum (a) . = 755,74 ccm
b) Endvolum im Spirometer II . . . . = 426,70 „
Temperatur . . . . = 16,4° C.
Druck . . . . = 718,03 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Sauerstoffvolum (b) = 380,32 ccm
Also verbrauchtes Sauerstoffvolum . . . . = 375,42 „
Also auf 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde kommt ein Sauerstoffverbrauch von:

563,1 ccm.

Die mittlere Temperatur war:

41,4° C.

Versuch VII.

Anfang 4 Uhr 24 Minuten.

Zeit	4 Uhr 24 Min.	29	34	39	44
Temperatur des Thieres in ° C.	41,8	41,8	41,2	40,8	40,0
Temperatur des Bades . .	Das Wasser wird abgelassen, sodass das Thier bloss-liegt.				

a) Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 758,60 ccm
Temperatur . . . . = 16,90° C.
Druck . . . . = 717,58 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Sauerstoffvolum (a) . = 674,54 ccm
b) Endvolum im Spirometer I . . . . = 372,31 „
Temperatur . . . . = 16,4° C.
Druck . . . . = 718,03 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Sauerstoffvolum b . = 331,84 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 342,70 „
Also Sauerstoffverbrauch auf 1 Kilo Thier und 1 Stunde:

514,0 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

41,2° C.

Versuch VIII.

Anfang 4 Uhr 44 Minuten.

Zeit	4 Uhr 44 Min.	49	54	59	5 Uhr 4 Min.
Temperatur des Thieres in ° C.	40,0	39,4	38,8	38,0	38,2
Temperatur des Bades . . .	Bad von 41° um 4 Uhr 50 Minuten wieder hergerichtet.				

Die Temperatur sank aber noch bedeutend nachdem das Thier wieder im warmen Bade war.

Temperatur und Druck zu Anfang und Ende des Versuches dürfen wieder gleichgesetzt werden.

Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 847,01 ccm
Endvolum im Spirometer II . . . . = 537,01 „
Also verbrauchter Sauerstoff . . . . = 310,00 ccm
Temperatur . . . . = 16,5° C.
Druck . . . . = 717,94 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Sauerstoffvolum . . = 276,17 ccm

Also auf 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde ergibt sich ein Sauerstoffverbrauch von:

414,2 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

38,8° C.

Versuch IX.

Anfang 5 Uhr 4 Minuten.

Zeit	5 Uhr 4 Min.	9	14	19	25
Temperatur des Thieres in ° C.	38,2	38,3	38,5	39,4	39,8
Temperatur des Bades . . .	Bad im Beginn von 43,5° hergerichtet.				

Druck und Temperatur für die Gasanalyse am Anfang und Ende des Versuches unverändert; deshalb Reduction der Differenz der Gasvolumina.

Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 696,15 ccm
Endvolum im Spirometer I . . . . = 277,16 „
Temperatur . . . . = 16,7° C.
Druck . . . . = 717,76 mm
Verbrauchtes Sauerstoffvolum . . . . = 418,99 ccm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Sauerstoffvolum . . = 372,92 „

Also Sauerstoffverbrauch auf 1 Kilo Thier und 1 Stunde:

582,5 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

38,8° C.

Versuch X.

Anfang des Versuches 5 Uhr 25 Minuten.

Zeit	5 Uhr 25 Min.	30	35	40	45	50
Temperatur des Thieres . . .	39,8	40,5	40,6	41,0	41,4	41,8
Temperatur des Bades . . .	Sank von 43 auf 40,5 ab.					

Anfangs- und Endtemperatur und Druck für die Gasanalyse gleich.
Also Reduction der Differenz der Volumina:

Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 856,25 ccm
Endvolum im Spirometer II . . . . = 397,61 ccm
Also verbrauchter Sauerstoffvolum . . . . = 458,64 ccm
Temperatur . . . . = 16,6° C.
Druck . . . . . . = 717,85 mm
Auf 0° und 790 mm reducirtes Sauerstoffvolum . . = 408,40 ccm

Also, da dies auf 25 Minuten bezüglich, ergibt sich pro 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde ein Sauerstoffverbrauch von:

490,1 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

40,8° C.

Versuch XI.

Anfang 5 Uhr 50 Minuten.

Zeit	5 Uhr 50 Min.	55	6 Uhr	5	10
Temperatur des Thieres in ° C.	41,8	42,0	42,1	42,2	42,3
Temperatur des Bades . . .	Sinkt von 42 auf 40,0 ab.				

Für die Analyse der Anfangs- und Endvolume des Gases ist Druck und Temperatur gleich zu setzen gestattet.

Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 765,64 ccm
Endvolum im Spirometer I . . . . = 334,09 ccm
Also verbrauchter Sauerstoff . . . . = 431,56 ccm
Temperatur . . . . = 16,6° C.
Druck . . . . . . = 717,85 mm
Auf 0° und 760 mm reducirter Sauerstoff . . . . = 384,29 ccm

Also ergibt sich für 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde ein Sauerstoffverbrauch von:

576,4 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

42,1° C.

Das Thier ist, was speciell wegen des hohen Sauerstoffverbrauches geprüft wird, noch absolut vergiftet.

Versuch XII.

Anfang 6 Uhr 10 Minuten.

Zeit	6 Uhr 10 Min.	15	20	25	30
Temperatur des Thieres in ° C.	42,3	42,4	42,4	42,4	42,4
Temperatur des Bades . . .	Nicht notirt.				

a) Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 891,55 ccm
Temperatur . . . . = 17,0° C.
Druck . . . . = 717,49 mm
Auf 0° und 760 mm reducirter Sauerstoff a . . . . = 792,39 ccm
b) Endvolum im Spirometer II . . . . = 497,77 ccm
Temperatur . . . . = 16,5° C.
Druck . . . . = 717,94 mm
Auf 0° und 760 mm reducirter Sauerstoff b . . . . = 443,45 ccm
Also verbrauchter Sauerstoff . . . . = 348,94 ccm
Also auf 1 Kilo und 1 Stunde ergibt sich ein Sauerstoffverbrauch von:

523,4 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

42,4° C.

Der Versuch wird jetzt unterbrochen bei noch kräftigem Herzschlag. Während der Erstickung regt sich keine Muskelfaser. Das Thier war also vollständig vergiftet.

Tabelle von Serie VI.

Nummer des Versuchs	Sauerstoffverbrauch in ccm auf 0° C. und 0,76 M. reduc., für 1 Kilo Thier und 1 Stunde	Temp. des Thieres eventuell mittlere in °C.	Angabe der Grenzen, innerhalb deren die Temperatur des Thieres schwankte	Zeit der Injection des Curare	Dauer des einzelnen Versuches in Minuten
1.	521,0	39,2	Constant	subc. Inject. von 0,003 gr Cur. u. 1 Uhr	20
2.	450,3	39,0	Constant		20
3.	528,5	39,1	Constant		20
4.	548,7	39,5	steigt von 39,2° bis 40°	subc. Inject. von 0,002 gr Cur. am Anfang v. Versuch 4	20
5.	498,4	40,6	steigt von 40° auf 41,2°		20
6.	563,1	41,4	steigt von 41,2° auf 41,8°		20
7.	514,0	41,2	sinkt von 41,8° auf 40,0°		20
8.	414,2	38,8	sinkt von 40,0° auf 38,2°		20
9.	532,7	38,8	steigt von 38,2° auf 39,8°		21
10.	490,1	40,8	steigt von 39 8° auf 41,8°		25
11.	576,4	42,1	steigt von 41,8° auf 42,3°		20
12.	523,4	42,4	Constant		20

Tabelle von Serie VI mit grösseren Zeiträumen.

Nummer des Versuchs	Mittelwerth des Sauerstoffverbrauches in ccm (0° u. 0,76 M.) auf 1 Kilo Thier und 1 Stunde	Mittelwerth d. Temp. des Thieres in ° C.	Angabe der Grenzen, innerhalb deren die Temperatur des Thieres schwankt	Zeitdauer der Versuche in Minuten
1. 2. 3.	499,9	39,1	Constant	60
4. 5.	523,6	40,0	steigt von 39,2 bis 41,2°	40
6. 7.	538,6	41,3	steigt von 41,2 auf 41,8, fällt von 41,8 auf 40°	40
8. 9.	474,9	38,8	sinkt von 40 auf 38,2° und steigt von 38,2 auf 39,8°	41
10. 11. 12.	526,8	41,6	steigt von 39,8 auf 42,3 und bleibt im letzten Drittel dieses langen Zeitraumes constant	65

VII. Serie. (19. Oct.)

Bedingungen wie bei den vorhergehenden Serien.

Das Kaninchen von 1850 gr. Gewicht erhält 0,004 gr. Curare (subcutane Injection) etwa 3/4 Stunde vor Beginn des Versuches. Kohlensäure wegen Benetzung der Schläuche mit Lauge verunglückt.

Versuch I.

Anfang des Versuches 10 Uhr 30 Minuten.

Zeit	10 Uhr 30 Min.	35	40	45	50
Temperatur des Thieres in ° C.	38,9°	39,0°	39,0°	39,1°	39,2°
Temperatur des Bades	38,5° (30–35)		38,5° (40–45)		38,2°

a) Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 765,64 ccm

Temperatur . . . . = 11,8° C.

Druck . . . . . . = 744,56 mm

Auf 0° und 760 mm reducirtes Volum a . . . . . = 719,04 ccm

b) Endvolum im Spirometer I . . . . = 454,62 ccm
Temperatur . . . . = 13,8° C.
Druck . . . . = 743,12 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Volum b . . . . . = 423,15 ccm
Also verbrauchtes Sauerstoffvolum . . . . = 295,89 ccm

Hieraus folgt auf 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde ein Sauerstoffverbrauch von:

479,8 ccm.

Die Temperatur des Thieres war fast absolut constant und betrug 39°.

Versuch II.

Anfang 10 Uhr 50 Minuten.

Zeit	10 Uhr 50 Min.	55	11 Uhr	5	10
Temperatur des Thieres . . .	39,2°	39,2°	39,2°	39,1°	39,0°
Temperatur des Bades . . .	38,0°			37,5	37,3

a) Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 893,35 ccm
Temperatur . . . . = 11,8° C.
Druck . . . . = 744,56 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Volum a . . . . . = 838,97 ccm
b) Endvolum im Spirometer II . . . . = 562,51 ccm
Temperatur . . . . = 14,3° C.
Druck . . . . = 742,74 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Volum b . . . . . = 522,40 ccm
Also verbrauchter Sauerstoffvolum . . . . = 316.57 ccm

Hieraus folgt auf 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde ein Sauerstoffverbrauch von:

518,8 ccm.

Die Temperatur des Thieres fast absolut constant betrug **39,2°** C.

Versuch III.

Anfang 11 Uhr 10 Minuten.

Zeit	11 Uhr 10 Min.	15	20	25	30
Temperatur des Thieres . . .	39,0°	38,8°	38,75°	38,8°	39,0°
Temperatur des Bades . . .	Mit geringen Schwankungen um 38,4° C.				

a) Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 732,03
Temperatur . . . . = 14,0° C.
Druck . . . . = 742,97 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Volum a . . . . . = 680,75 ccm
b) Endvolum im Spirometer I . . . . = 389,23 ccm
Temperatur . . . . = 13,8° C.
Druck . . . . = 743,12 mm

Auf 0° und 760 mm reducirtes Volum b . . . . . = 362,28 ccm
Also verbrauchtes Volum . . . . = 318,47 ccm

Hieraus folgt für 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde ein Sauerstoffverbrauch von:

516,4 ccm.

Die Temperatur des Thieres war fast absolut constant und betrug im Mittel:

38,84° C.

Versuch IV.

Anfang 11 Uhr 30 Minuten.

Zeit	11 Uhr 30 Min.	35	40	45	50
Temperatur des Thieres . . .	39,0°	39,1°	39,15°	39,2°	39,2°
Temperatur des Bades . . .	38,3° C.		38°		

a) Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 897,58 ccm
Temperatur . . . . = 14,0° C.
Druck . . . . = 742,97 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Volum a . . . . . = 834,65 ccm
b) Endvolum im Spirometer II . . . . = 575,27 ccm
Temperatur . . . . = 13,8° C.
Druck . . . . = 743,12 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Volum b . . . . . = 535,45 ccm
Also verbrauchtes Volum . . . . = 299,20 ccm

Hieraus folgt für 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde ein Sauerstoffverbrauch von:

485,1 ccm.

Die fast absolut constante Temperatur betrug im Mittel:

39,1° C.

Versuch V.

Anfang 11 Uhr 50 Minuten.

Zeit	11 Uhr 50 Min.	55	12 Uhr	5	10
Temperatur des Thieres . . .	39,2°	—	39,6°	39,9°	40,3°
Temperatur des Bades . . .	Bad von 42° hergerichtet.				

a) Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 737,51 ccm
Temperatur . . . . = 13,8° C.
Druck . . . . = 743,12 mm
Auf 0° C. und 760 mm Druck reducirtes Volum a . . = 686,46 ccm
b) Endvolum im Spirometer I . . . . = 356,92 ccm
Temperatur . . . . = 14,0° C.
Druck . . . . = 742,97 mm

Auf 0° C. und 760 mm Druck reducirtes Volum b . = 331,92 ccm
Also verbrauchtes Sauerstoffvolum . . . . = 354,54 ccm

Daraus folgt für 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde ein Sauerstoffverbrauch von:

574,9 ccm.

Die Temperatur des Thieres stieg in diesen zwanzig Minuten von 39,2 bis 40,3 und betrug unter der Voraussetzung, dass das Steigen von 11 Uhr 50 Min. bis 12 Uhr der Zeit proportional war:

39,65° C.

Versuch VII.

Anfang des Versuches 12 Uhr 10 Minuten.

Zeit	12 Uhr 10 Min.	15	20	25	30
Temperatur des Thieres . . .	40,3° C.	40,7°	41,2°	41,3°	41,5°
Temperatur des Bades . . .	41,5 (10–15)		—	—	40,0°

a) Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 842,49 ccm
Temperatur . . . . = 14,2° C.
Druck . . . . . . = 742,82 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Volum a . . . . . = 782,77 ccm
b) Endvolum im Spirometer II . . . . = 501,69 ccm
Temperatur . . . . = 14,0° C.
Druck . . . . . . = 742,97 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Volum b . . . . . = 466,55 ccm
Also verbrauchter Sauerstoff . . . . = 316,22 ccm

Hieraus folgt für 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde ein Sauerstoffverbrauch von:

512,7 ccm.

Die von 40,3 bis 41,5 stetig steigende Temperatur ergibt als Mittel für diese 20 Minuten:

41,0° C.

Versuch VII.

Anfang des Versuches 12 Uhr 30 Minuten.

Zeit	12 Uhr 30 Min.	35	40	45	50
Temperatur des Thieres . . .	41,5°	41,6°	41,6°	41,7°	41,8
Temperatur des Bades . . .	41,0° (30–35)		41,0° (40–45)		

a) Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 717,97 ccm
Temperatur . . . . = 14,0° C.
Druck . . . . . . = 742,91 mm
Auf 0° und 760 mm Druck reducirtes Volum a . . = 667,67 ccm

b) Endvolum im Spirometer I . . . . = 361,54 ccm
Temperatur . . . . = 14,3° C.
Druck . . . . . . = 742,74 mm
Auf 0° und 760 mm Druck reducirtes Volum b . . = 335,76 ccm
Also verbrauchtes Sauerstoffvolum . . . . = 331,91 ccm

Hieraus folgt für 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde ein Sauerstoffverbrauch von:

538,2 ccm.

Die fast absolut constante Temperatur des Thieres betrug:

41,6° C.

Während des Versuches VIII häufte sich der bereits bei den letzten Versuchen aufgetretene stark schaumige Schleim in Trachea und Lungen dermassen, dass das Thier, wie der Herzschlag zeigte, am Ersticken war, sodass dadurch Versuch VIII unterbrochen wurde und der ganzen Serie ein Ende gesetzt war.

Tabelle der Serie VII.

Nummer des Versuchs	Sauersoffverbrauch pro Kilo und Stunde auf 0° und 0,76 M. reducirt	Temp. des Thieres eventuell mittlere	Angabe der Grenzen, zwischen denen die Temperatur des Thieres schwankte	Zeit der Injection des Curare	Dauer des Versuchs in Minuten
1.	479,8	39,0°	Constant	Circa ³/₄ Stunde vor Beginn von Versuch I subcutane Inject. von 0,004 gr. Curare.	20
2.	513,3	39,2°	Constant		20
3.	516,4	38,84°	Constant		20
4.	485,1	39,1°	Constant		20
5.	574,9	39,65°	steigt von 39,2 bis 40,3° C.		20
6.	512,7	41,0°	steigt von 40,3 bis 41,5° C.		20
7.	538,2	41,6°	Constant		20

Darauf erstickt das Thier an dem schaumigen Schleim, der sich während der letzten Versuche in den Lungen und der Trachea angesammelt hat.

Tabelle der Serie VII mit grösseren Zeiträumen.

Nummer des Versuchs	Mittelwerth des Sauerstoffverbrauches für 1 Kilo und 1 Stunde auf 0° und 0,76 Min. reducirt	Mittlere Temp. des Thieres in °C.	Angabe der Grenzen, zwischen denen die Temperatur des Thieres schwankte	Dauer des Versuchs in Minuten
1. 2.	496,5	39,1	Constant	40
3. 4.	500,7	39,0	Constant	40
5. 6.	543,8	40,3	steigt von 39,2° bis 41,5° C.	40
7.	538,2	41,6	Constant	20

VIII. Serie. (20. Oct.)

In den Versuchen dieser Serie ist nur der Mittelwerth der Kohlensäure für je 2 Versuche bestimmt, da die Arbeit sonst kaum zu bewältigen gewesen wäre.

Ich verfuhr so, dass ich das Volum aller Kalilaugen für jeden Versuch genau bestimmte — was wegen der Berechnung der primär in ihnen vor dem Versuch enthaltenen Kohlensäure nöthig ist — und ferner alle Kalilaugen auf absolut dasselbe Volum durch Zusatz von destillirtem Wasser brachte, wohl mischte und nun von je 2 oder auch 3 Kalilaugen gleiche Volumina mischte und ihren Gehalt an Kohlensäure bestimmte. Die Werthe finden sich in der dieser Serie folgenden letzten Tabelle. Wo besondere Gründe vorlagen, bestimmte ich die jedem einzelnen Versuch entsprechenden Kohlensäuremengen wie z. B. bei dieser Serie für Versuch 11 und 12.

Kaninchen von 2020 gr erhält 0,002 gr Curare in wässriger Lösung subcutan injicirt um 9 Uhr 15 Minuten Morgens.

Versuch I.

Anfang des Versuchs um 10 Uhr 10 Minuten.

Zeit	10 Uhr 10 Min.	15	20	25	30
Temperatur des Thieres . . .	38,9°	39,2°	39,15	39,1°	39,0°
Temperatur des Bades. . . .	38,9°	37,0°	37,0°	37,5°	37,5°

Da Druck und Temperatur am Anfang und Ende des Versuches gleich, wird die Differenz der Volumina reducirt.

Anfangsvolum im Spirometer I	= 757,83 ccm
Endvolum „ „ „	= 436,36 „
Verbraucht „ „ „	= 321,47 „
Temperatur	= 13,5° C.
Druck	= 739,57 mm
Auf 0° und 760 mm Druck reducirte Menge . . .	= 298,12 ccm

Dieser auf 20 Minuten bezügliche Werth ergibt auf 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde:

442,7 ccm.

Die Temperatur des Thieres war fast constant und betrug im Mittel

39,1° C.

Versuch II.

Anfang des Versuches 10 Uhr 30 Minuten.

Zeit	10 Uhr 30 Min.	35	40	45	50
Temperatur des Thieres in ° C.	39,0	39,0	39,0	39,0	39,25
Temperatur des Bades in ° C.	39,0	39,0	39,0	39,0	39,0

Da Druck und Temperatur des Gases am Anfang und Ende des Versuches gleich, ist die Differenz zu reduciren.

Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 944,13 ccm
Endvolum im Spirometer II . . . . = 650,80 ccm
Also: Verbrauchte Menge II . . . . = 293,33 ccm
Temperatur . . . . = 13,5° C.
Druck . . . . . . = 739,57 mm
Auf 0° und 760 mm reducirte Menge . . . . . . = 272,00 ccm

Dieser auf 20 Minuten bezügliche Werth ergibt für 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde einen Sauerstoffverbrauch von:

403,9 ccm

Die Temperatur des Thieres betrug constant

39,0° C.

Versuch III.

Anfang des Versuches um 10 Uhr 50 Minuten.

Zeit	10 Uhr 50 Min.	55	11 Uhr	5	10
Temperatur des Thieres in ° C.	39,25	39,3	39,35	39,3	39,2
Temperatur des Bades in ° C.	38	38	37,5	37,3	37

a. Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 722,66 ccm
Temperatur . . . . = 13,8° C.
Druck . . . . . . = 739,34 mm
Auf 0° und 760 mm reducirte Menge . . . . . . = 669,21 ccm
b. Endvolum im Spirometer I . . . . = 454,62 ccm
Temperatur . . . . = 14,2° C.
Druck . . . . . . = 739,036 mm
Auf 0° und 760 mm reducirte Menge . . . . . . = 420,25 ccm
Der Sauerstoffverbrauch in den 20 Minuten also . . = 248,96 ccm

Daraus folgt ein Sauerstoffverbrauch für 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde von:

369,7 ccm.

Die Temperatur des Thieres war fast absolut constant und betrug im Mittel

39,3° C.

Versuch IV.

Anfang des Versuches 11 Uhr 10 Minuten.

Zeit	11 Uhr 10 Min.	15	20	25	30
Temperatur des Thieres . . .	39,2°	39,0°	38,9°	39,1°	39,3°
Temperatur des Bades. . . .	Die mittlere Temperatur des wenig schwankenden Bades war = 39,3.				

Das Thier erhielt aus Vorsicht, obwohl es noch vollkommen narkotisirt ist, um 11 Uhr 12 Minuten, also bei dem Beginne dieses Versuches, nochmals 0,002 gr Curare subcutan injicirt.

Da Druck und Temperatur sich während des Versuches nicht geändert haben, ist die Differenz der Volumina im Spirometer II zu reduciren.

Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 914,42 ccm
Endvolum im Spirometer II . . . . = 650,80 ccm
Verbrauchtes Volum also: . . . . = 263,62 ccm
Temperatur . . . . = 14,0° C.
Druck . . . . = 739,192 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Volum . . . . = 243,90 ccm

Dieser auf 20 Minuten bezügliche Werth ergibt für 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde einen Sauerstoffverbrauch von:

362,8 ccm.

Die Temperatur des Thieres war fast constant und betrug im Mittel:

39,1° C.

Versuch V.

Anfang des Versuches 11 Uhr 30 Minuten.

Zeit	11 Uhr 30 Min.	35	40	45	50
Temperatur des Thieres . . .	39,3°	39,7°	40,1°	40,7	41,0°
Temperatur des Bades . . .	39,3°	43,8°	43,6°	43,4°	43,0°

Da Druck und Temperatur des Gases im Spirometer I am Anfange und Ende des Versuches constant, wird die Differenz der Volumina reducirt.

Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 732,03 ccm
Endvolum im Spirometer I . . . . = 448,48 ccm
Verbrauchtes Sauerstoffvolum . . . . = 283,55 ccm
Temperatur . . . . = 14,0° C.
Druck . . . . = 739,192 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Volum . . . . = 262,35 ccm

Dieser auf 20 Minuten bezügliche Werth ergibt für 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde einen Sauerstoffverbrauch von:

389,6 ccm.

Die von 39,8° auf 41° C. während des Versuches steigende Temperatur betrug im Mittel:

40,16° C.

Versuch VI.

Anfang 11 Uhr 50 Minuten.

Zeit	11 Uhr 50 Min.	55	12 Uhr	5	10
Temperatur des Thieres in ° C.	41,0	41,3	41,4	41,6	41,7
Temperatur des Bades in ° C.	43,0	41,8	nicht notirt.		

Anfang und Ende des Versuches haben gleichen Druck und Temperatur des Gases im Spirometer II; also wird die Differenz der Volumina reducirt.

Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 901,50 ccm
Endvolum im Spirometer II . . . . = 602,76 ccm
Verbrauchtes Volum . . . . = 298,74 ccm
Temperatur . . . . = 14,0° C.
Druck . . . . . . = 739,192 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Volum . . . . . = 276,40 ccm

Da dies Volum für 20 Minuten gilt, so ergibt sich für 1 Kilogramm Kaninchen und 1 Stunde ein Sauerstoffverbrauch von:

410,5 ccm.

Die langsam bei diesem Versuche von 41,0° bis 41,7° C. steigende Temperatur des Thieres betrug im Mittel:

41,4° C.

Versuch VII.

Anfang des Versuches 12 Uhr 10 Minuten.

Zeit	12 Uhr 10 Min.	15	20	25	30
Temperatur des Thieres in ° C.	41,7	41,8	41,8	41,9	41,9
Temperatur des Bades . . .	zu notiren unterlassen worden.				

Druck und Temperatur des Gases im Spirometer I während des Versuches unverändert; deshalb Reduction der Differenz der Volumina:

Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 705,47 ccm
Endvolum im Spirometer I . . . . = 410,61 „
Also verbrauchtes Sauerstoffvolum . . . . = 294,86 „
Temperatur . . . . = 14,0° C.
Druck . . . . . . = 739,192 mm
Auf 0° und 760 mm reducirtes Volum . . . . . = 272,80 ccm

Dieser auf 20 Minuten bezügliche Werth ergibt für 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde einen Sauerstoffverbrauch von:

405,2 ccm.

Die Temperatur des Thieres war fast constant und betrug im Mittel:
41,8° C.

Versuch VIII.

Anfang des Versuches 12 Uhr 30 Minuten.

Zeit	12 Uhr 30 Min.	35	40	45	50
Temperatur des Thieres in ° C.	41,9	41,9	41,9	41,9	41,9
Temperatur des Bades . . .	Die Temperatur des Bades war 40° im Mittel.				

a. Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 913,42 ccm
Temperatur . . . . = 14,0° C.
Druck . . . . = 739,09 mm
Also auf 0° C. und 760 mm reducirtes Volum . . = 844,99 ccm
b. Endvolum im Spirometer II . . . . = 629,22 „
Temperatur . . . . = 14,2° C.
Druck . . . . = 738,94 mm
Also auf 0° C. und 760 mm reducirtes Volum . . = 581,56 ccm
Also verbrauchtes Volum in 20 Minuten . . . . . = 263,43 „

Folglich beträgt der Sauerstoffverbrauch für 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde:

391,1 ccm.

Die Temperatur des Thieres war absolut constant und betrug:
41,9° C.

Versuch IX.

Anfang des Versuches um 12 Uhr 50 Minuten.

Zeit	12 Uhr 50 Min.	55	1 Uhr	5	10
Temperatur des Thieres in ° C.	41,9	41,8	39	37,3	36
Temperatur des Bades . . .	Das Thier wird aus dem Bad gehoben,	mit kaltem Wasser begossen.		Aufs neue in ein Bad von 41° gebracht.	

Druck und Temperatur des Gases im Spirometer I am Anfang und Ende des Versuches unverändert; deshalb Reduction der Differenz der Volumina.

Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 730,47 ccm
Endvolum im Spirometer I . . . . = 536,72 „
Also verbrauchtes Sauerstoffvolum . . . . = 193,75 „
Temperatur . . . . = 14,2° C.
Druck . . . . = 739,036 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Volum . . . . = 179,10 ccm

Also ergibt dieser auf 20 Minuten bezügliche Werth für 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde einen Sauerstoffverbrauch von:

266,1 ccm.

Die Temperatur des Thieres sank durch künstliche Abkühlung an der Luft und Bespülung mit Wasser von mittlerer Zimmertemperatur von 41,9° bis 36°; die mittlere Temperatur während dieser Zeit war gemäss obiger Tabelle:

39,1° C.

Versuch X.

Anfang des Versuches 1 Uhr 10 Minuten.

Zeit	1 Uhr 10 Min.	15	20	25	30
Temperatur des Thieres in ° C.	36	35,8	36,1	36,8	37,2

Temperatur des Bades . . . Es wurde ein Bad von 43° C. hergerichtet, in dem sich das Thier von 1 Uhr 15 Minuten ab befand.

Druck und Temperatur am Anfang und Ende des Versuches für das Gas im Spirometer II unverändert.

Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 904,48 ccm
Endvolum im Spirometer II . . . . = 684,75 „
Also verbrauchtes Sauerstoffvolum . . . . = 219,73 „
Temperatur . . . . = 14,2° C.
Druck . . . . = 739,036 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Volum . . . . = 203,12 ccm

Aus diesem für 20 Minuten geltenden Werth folgt für 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde ein Sauerstoffverbrauch von:

301,6 ccm.

Die Temperatur des Thieres stieg im warmen Bade von 36,8° bis 37,2° trotz der hohen Temperatur desselben nur so sehr wenig in 20 Minuten.

Die mittlere Temperatur betrug:

36,8° C.

Versuch XI.

Anfang des Versuches 1 Uhr 30 Minuten.

Zeit	1 Uhr 30 Min.	35	40	45	50
Temperatur des Thieres in ° C.	37,2	38	38,5	39,0	39,4

Temperatur des Bades . . . Das Bad sinkt allmählig auf 37,5°.

a. Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 732,03 ccm
Temperatur . . . . = 14,2° C.
Druck . . . . = 739,036 mm

Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Volum . . . . = 676,68 ccm
b. Endvolum im Spirometer I . . . . = 488,84 „
Temperatur . . . . = 13,9° C.
Druck . . . . = 739,268 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Volum . . . . = 447,86 ccm
Also Verbrauch in 20 Minuten . . . . = 228,79 „

Hieraus folgt für 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde ein Sauerstoffverbrauch von:

889,7 ccm.

Die Temperatur des Thieres stieg langsam von 37,2° bis 39,4° C. und betrug im Mittel:

88,45° C.

Versuch XII.

Anfang des Versuches 1 Uhr 50 Minuten.

Zeit	1 Uhr 50 Min.	55	2 Uhr	5	10
Temperatur des Thieres in ° C.	39,4	39,4	39,3	39,2	39,1
Temperatur des Bades . . .	nicht notirt, aber fortwährend regulirt zur Erzeugung einer constanten Temperatur des Thieres.				

Druck und Temperatur des Gases im Spirometer unverändert, deshalb ist die Differenz der Volumina zu reduciren:

Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 918,39 ccm
Endvolum im Spirometer II . . . . = 702,80 „
Verbrauchtes Sauerstoffvolum . . . . = 215,58 „
Temperatur . . . . = 14,0° C.
Druck . . . . = 739,192 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Volum . . . . = 199,46 ccm

Da dieser Werth 20 Minuten entspricht, so ergibt sich für 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde ein Sauerstoffverbrauch von:

296,2 ccm.

Die Temperatur des Thieres, fast constant, betrug im Mittel:

39,3° C.

Das Thier wird durch Aufhören der Ventilation erstickt. Keine Spur von Bewegung tritt während der Erstickung ein. Die Herztöne sind länger als 2 Minuten zu hören.

Tabelle von Serie VIII.

Nummer des Versuchs	Sauerstoffverbrauch für 1 Kilo und 1 Stunde in ccm (0° C. und 76 M.)	Temp. des Thieres eventuell mittlere in ° C.	Angabe der Grenzen, zwischen denen die Temperatur des Thieres schwankte	Zeit der Injection der Curarelösung	Dauer des einzelnen Versuchs in Minuten	Kohlensäureproduction für 1 Kilo und 1 Stunde in ccm (0° C. und 0,76 M.)
1.	442,7	39,1	Constant	Injection von 0,002 g Curare 55 Minuten vor Beginn v. Versuch 1.	20	
2.	403,9	39,0	Constant		20	
3.	369,7	39,3	Constant		20	
4.	362,3	39,1	Constant		20	
5.	389,6	40,16	steigt von 39,3 auf 41°		20	
6.	410,5	41,4	steigt von 41 auf 41,7°	Injection von 0,002 g Curare bei Beginn von Versuch 4.	20	
7.	405,2	41,8	Constant		20	
8.	391,1	41,9	Constant		20	
9.	266,1	39,1	sinkt von 41,9 auf 36°		20	
10.	301,6	36,3	steigt von 35,8 auf 37,2°		20	
11.	339,7	38,5	steigt von 37,2 auf 39,4°		20	265,9
12.	296,2	39,3	Constant		20	252,0

Reducirte Tabelle von Serie VIII mit grösseren Zeiträumen.

Nummer des Versuchs	Sauerstoffverbrauch in ccm auf 0° C. und 0,76 M. reducirt für 1 Kilo Thier und 1 Stunde	Temp. des Thieres eventuell mittlere in ° C.	Angabe der Grenzen innerhalb welcher die Temperatur des Thieres schwankte	Dauer des Versuchs in Minuten	Kohlensäureproduction für 1 Kilo und 1 Stunde in ccm (0° C. und 0,76 M.)
1. 2.	423,2	39,05	Constant	40	454,5
3. 4.	366,0	39,2	Constant	40	354,8
5. 6.	400,0	40,8	steigt von 39,3 auf 41,7° C.	40	399,2
7. 8.	398,2	41,85	Constant	40	289,2
9. 10.	283,8	37,7	sinkt von 41,9 auf 36° C. und steigt von 36 auf 37,2° C.	40	277,8
11. 12.	317,9	38,9	steigt von 37,2 auf 39,4° C.	40	258,9*)

*) Diese Zahl stimmt nicht. Man könnte zwar sagen, dass von Anfang an eine Tendenz zum Sinken des Stoffwechsels vorhanden gewesen. Aber die anderen Zahlen gehen für Sauerstoff und Kohlensäure regelmässig gleichsinnig, sodass ich der Ansicht bin, dass hier ein Fehler im Experimente, wahrscheinlich eine unbemerkte Benetzung des Gummischlauchs mit Kali stattgefunden hat, wodurch die Kohlensäure zu klein erscheint. (?)

IX. Serie. (21. Oct.)

Bedingungen wie bei den vorhergehenden Serien.

Kräftiger Kaninchenbock von 1970 gr. Subcutane Injection vom 0,002 gr Curarelösung injicirt um 9 Uhr. Anfang des Versuches 9 Uhr 47 Minuten.

Versuch I.

Zeit	9 Uhr 47 Min.	50	55	10 Uhr.	5
Temperatur des Thieres . . .	38,9°	38,9°	39,0°	39,1°	39,1°
Temperatur des Bades . . .	38,5°	38,2°	38,2°	38,0°	37,5°

a) Das anfänglich im Spirometer enthaltene Sauerstoffvolum war = 714,84 ccm
Die Temperatur dieses Gases . . . . = 13.8° C.
Die Pression, unter der es stand . . . . = 738,12 mm
Das Anfangsvolum auf 0° C. und 0,76 m Druck reducirt beträgt also: . . . . = 660,78 mm

b) Am Ende des Versuches betrug das Gasvolum . . . . . = 436,36 ccm
Temperatur . . . . . = 15° C.
Druck . . . . = 737,18 mm
Das Endvolum auf 0° C. und 0,76 m Druck reducirt ist also: . . . . = 401,23 mm
Das Kaninchen hat also verbraucht an Sauerstoff. . . = 259,55 ccm
Da diess der Werth für 17 Minuten, so ergibt sich pro Kilo und Stunde:

465,1 ccm.

Die Temperatur des Thieres betrug im Mittel genau:

39,0° C.

und war fast constant.

Versuch II.

Anfang des Versuches um 10 Uhr 5 Minuten.

Zeit	10 Uhr 5 Min.	10	15	20	25	30
Temperatur des Thieres . . .	39,1°	39,0°	38,95°	39,0°	39,1°	39,2°
Temperatur des Bades . . .	36,8°	36,5°	39,0°	38,5°	38,0°	37,8°

a) Das in Spirometer II anfänglich enthaltene Sauerstoffvolum war . . . . = 934,29 ccm
Temperatur . . . . = 14,3° C.
Druck . . . . = 737,74 mm
Das auf 0° C. und 760 mm Quecksilberdruck reducirte Gasquantum ist also: . . . . = 861,83 ccm

b) Am Ende des Versuches (10 Uhr 30 Minuten) betrug das
übrig gebliebene Sauerstoffvolum . . . . = 612,55 ccm
Temperatur . . . . = 15,0° C.
Druck . . . . = 737,18 mm
Also beträgt dieses Volumen auf 0° und 760 mm Quecksilberdruck reducirt: . . . . = 563,24 mm
Also hat das Thier in 25 Minuten verbraucht: . . = 298,59 „
Dies macht auf 1 Kilo Thier und eine Stunde:

368,6 ccm.

Die mittlere, im Uebrigen constante Temperatur des Thieres während dieses Versuches:

39,08 ccm.

Versuch III.

Da während dieses Versuches Druck und Temperatur der Spirometer 15,2° C. constant blieb, vereinfacht sich die Rechnung, indem nur die Differenz von Anfangs- und Endvolum zu reduciren ist.

Zeit	10 Uhr 30 Min.	35	40	45	50
Temperatur des Thieres in ° C.	39,2	39,2	39,1	39,0	39,0
Bad	37,8	37,5	36,5	39	38,5

Spirometer I. Anfangsvolum . . . . = 721,09
Endvolum . . . . = 370,00
Also verbraucht: . . . . = 351,09
Temperatur . . . . = 15,1
Druck . . . . = 737,10
Reducirtes Volum . . . . = 322,68
Für 1 Stunde und 1 Kilo ergibt sich ein Sauerstoffverbrauch von:

491,4 ccm.

Die fast absolut constante Temperatur des Thieres war:

39,1° C.

Versuch IV.

Beginn des Versuches 10 Uhr 50 Min.

Zeit	10 Uhr 50 Min.	55	11 Uhr	5	10
Temperatur des Thieres in ° C.	39,0	39,2	39,2	39,2	39,3
Temperatur des Bades . . .	38,5	38,5	37,8	37,5	37,0

Weil nun bei Versuch VI erhöhte Temperatur einwirken soll, welche eine Steigerung des Stoffwechsels hervorruft, wird jetzt bei diesem Versuche um 11 Uhr 9 Minuten, d. h. unmittelbar vor Beginn von Versuch V eine erneute Injection von 0,002 gr Curare gemacht, obwohl das Thier noch vollkommen narkotisirt ist. Es soll dadurch dem Einwande begegnet werden, dass

die Steigerung des Stoffwechsels nicht durch die Temperaturerhöhung, sondern durch das Schwächerwerden der Narkose bedingt sei. Um deshalb möglichst genau zu verfahren, wurde Versuch V noch bei Normaltemperatur gemacht, da ja das Gift doch gewöhnlich etwa $^1/_2$ Stunde Zeit braucht, bis es bei derartiger Anwendung seine Wirksamkeit energisch zu entfalten beginnt.

Das Resultat von Versuch IV ergibt sich nun aus folgenden Daten:

a) Spirometer II. Anfangsvolum . . . . = 936,28 ccm
Temperatur . . . . . = 15,1°
Druck . . . . . . = 737,10 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirte Menge . . . . . = 860,52 ccm

b) Endvolum im Spirometer II . . . . = 675,34 ccm
Temperatur . . . . . = 15,5°
Druck . . . . . = 736,77 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirte Menge . . . . . = 619,56 ccm
Also Verbrauch in 20 Minuten . . . . = 240,96

Dies beträgt für 1 Kilo Thier und eine Stunde:

366,9 ccm.

Die Temperatur des Thieres war:

39,22° C.

Versuch V.

Anfang des Versuches 11 Uhr 10 Minuten.

Zeit	11 Uhr 10 Min.	15	20	25	30
Temperatur des Thieres in ° C.	39,3	39,2	39,1	39,1	39,0
Bad	37,0	36,8	38	37	36,8

a) Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 741,41 ccm
Temperatur . . . . = 15,2° C.
Druck . . . . . . = 737,02 mm
Auf 0° und 760 mm reducirte Menge . . . . . . = 681,10 ccm

b) Endvolum im Spirometer I . . . . = 399,23 ccm
Temperatur . . . . = 15,7° C.
Druck . . . . . . = 736,60 mm
Auf 0° und 760 mm reducirte Menge . . . . . . = 365,92 ccm
Also Verbrauch in 20 Minuten . . . . = 315,18 „

Dies macht auf 1 Kilo Thier und 1 Stunde:

479,9 ccm.

Versuch VI.

Anfang des Versuches 11 Uhr 30 Minuten.

Zeit	11 Uhr 30 Min.	35	40	45	50
Temperatur des Thieres in ° C.	39,0	39,2	39,7	40,3	40,8
Temperatur des Bades . . .	36,8	43	42	41,8	42,8

Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 885,60
Endvolum im Spirometer II . . . . = 646,88
Verbrauchtes Volum . . . . = 238,72

Da Temperatur und Druck für Anfang- und Endvolumen gleich sind, kann die Differenz unmittelbar reducirt werden.

Die Temperatur war: = 15,7° C.
Der Druck war: . . = 768,60 mm

Folglich die reducirte Menge . . . . = 218,80 ccm
Dieser Werth bezieht sich auf 20 Minuten.
Es ergibt sich also pro Kilo und Stunde:

838,4 ccm.

Die mittlere Temperatur war:

39,8° C.

Versuch VII.

Anfang des Versuches 11 Uhr 50 Minuten.

Zeit	11 Uhr 50 Min.	55	12 Uhr	5	7
Temperatur des Thieres in ° C.	40,8	41,3	41,6	41,7	42,1
Temperatur des Bades . . .	42,8	42,0	42,0	41,7	41,5

Die Temperatur bleibt von Anfang bis Ende des Versuches constant und ebenso der Druck.

Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 732,03
Endvolum im Spirometer I . . . . = 337,89
In 17 Minuten also verbraucht . . . . = 394,14

Temperatur . . . . . = 15,7° C.
Druck . . . . = 736,60

Auf 0° C. und 760 mm reducirte Menge . . . . . = 352,08
Also beträgt der Sauerstoffverbrauch für 1 Kilo Thier und 1 Stunde:

630,7 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres betrug:

41,1° C.

Versuch VIII.

Anfang des Versuches 12 Uhr 7 Minuten.

Zeit	12 Uhr 7 Min.	10	15	20	23
Temperatur des Thieres in ° C.	42,1	42,2	42,2	42,2	42,2
Temperatur des Bades . . .	41,5	41,0	40,2	40,5	40,2

a) Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 879,63 ccm

Temperatur . . . . = 15,7° C.
Druck . . . . . . = 736,60 mm

Auf 0° und 760 mm reducirte Menge . . . . = 806,23 ccm
b) Endvolum im Spirometer II . . . . = 576,25 „
Temperatur . . . . = 16,0° C.
Druck . . . . . . = 736,34 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirte Menge . . . . . = 527,43 ccm
Macht in den 16 Minuten dieses Versuches einen Sauerstoffverbrauch von . . . . = 278,80 „

Daraus folgt ein Sauerstoffverbrauch für 1 Kilo Kaninchen und 1 Stunde von:

530,8 ccm.

Die Temperatur des Thieres war constant:

42,2° C.

Versuch IX.

Anfang des Versuches um 12 Uhr 23 Minuten.

Zeit	12 Uhr 23 Min.	25	30	35	40
Temperatur des Thieres in ° C.	42,2	42,2	42	41,9	41,9
Temperatur des Bades . . .	40,2	40,0	39,8	40,5	40,3

Am Anfang und Ende des Versuches ist Druck und Temperatur des zu messenden Gases gleich; also ist die Differenz der Volumina zu reduciren.

Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 734,38
Endvolum im Spirometer I . . . . = 418,18
Also Verbrauch in 17 Minuten . . . . = 316,20

Hieraus folgt ein Sauerstoffverbrauch für 1 Kilogramm Kaninchen und 1 Stunde von:

518,4 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war fast constant und beträgt im Mittel:

42,1° C.

Versuch X.

Anfang des Versuches 12 Uhr 40 Minuten.

Zeit . . .	12 Uhr 40 Min.	45	50	55	1 Uhr
Temperatur des Thieres in ° C.	41,9	41,8	41,9	42,0	42,1
Temperatur des Bades . . .	40,3	—	42,5	42,0	41,5

Der Druck und die Temperatur des Gases im Spirometer II bleiben während des Versuches unverändert; darum wird die Differenz der Volumina reducirt.

Anfangsvolumen im Spirometer II . . . . = 904,48 ccm
Endvolumen im Spirometer II . . . . = 597,83 „

Verbrauchter Sauerstoff . . . . = 306,65 ccm
Temperatur . . . . = 16,0° C.
Druck . . . . = 736,34 mm
Die auf 0° und 760 mm Druck reducirte Menge . . = 280,67 ccm
Demnach verbraucht das Thier auf 1 Kilo und 1 Stunde:

427,4 ccm.

Die fast absolut constante Temperatur des Thieres betrug:

41,9° C.

Tabelle von Serie IX.

Nummer des Versuchs	Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde auf 0° C. und 0,76 M. reducirt in ccm	Temp. des Thieres, eventuell mittlere in ° C.	Angabe der Grenzen, in denen die Temp. des Thieres schwankte	Zeit der Injection des Curare	Dauer des einzelnen Versuchs in Min.
1.	465,1	39,0	Constant	Subcutane Inj.	17
2.	363,6	39,03	Constant	von 0,002 gr	25
3.	491,4	39,1	Constant	Curare ³/₄ St.	20
4.	366,9	39,2	Constant	vor Beginn von	20
5.	479,9	39,1	Constant	Versuch I.	20
6.	333,4	39,8	steigt von 39,0 bis 40,8° C.	Erneute Inject. gegen das Ende	20
7.	630,7	41,1	steigt von 40,8 bis 42,1° C.	von Versuch 4.	17
8.	530,8	42,2	Constant		16
9.	518,4	42,1	Fast constant		17
10.	427,4	41,9	Constant		20
11.	Tod im Beginn von Versuch XI ohne bekannte Ursache.				

Discutiren wir nun die richtige Art, wie die reducirte Tabelle zu entwerfen. Man bemerkt leicht, dass regelmässig Abwechslungen grosser und kleiner Zahlen für den Sauerstoffverbrauch auftreten. Alle Versuche von ungeraden Zahlen (Spirometer I) sind gross, alle mit geraden (Spirometer II) kleiner. Spirometer II hatte etwas engere Rohre am Ventil und etwas längere Schläuche.

Da nun für Normaltemperatur 5 Versuche gemacht wurden und man nur die richtige Zahl erhält, wenn man zu je einem zu kleinen Werth den zugehörigen höheren nimmt, so muss Versuch I ausfallen, dann wird II und III, ferner III und IV zu einem Werth combinirt. Versuch I ist aber ein grösserer Werth, der also dann in der Tabelle keineswegs beweist, dass der Sauerstoffverbrauch abfällt. Dieser ist vielmehr in sehr langer Zeit (S. die nachstehende reducirte Tabelle) ganz constant.

Jener Umstand ist auch die Ursache, dass bei Versuch VI (gerade Zahl, Spirometer II), wo die höhere Temperatur zu wirken anfängt, die ungünstige Wirkung desselben den Effect übercompensirt, der dann bei Spirometer I (Versuch VII) mit doppelter Gewalt hervorbricht.

Versuch VIII giebt einen zu kleinen Werth, weil es Spirometer II ist, und dieser wird nicht mehr durch Versuch IX compensirt, da bei Versuch XI also bald darauf der Tod des Thieres eintritt, der bereits bei Versuch IX durch verminderten Sauerstoffverbrauch sein Herannahen andeutet.

Tabelle von Serie IX mit grösseren Zeiträumen.

Nummer des Versuchs	Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo u. 1 Stunde in ccm auf 0° C. u. 0,76 M. reduc.	Temp. des Thieres, eventuell mittlere in ° C.	Angabe der Grenzen, zwischen denen die Temperatur schwankte	Zeit der Inject. des Curare	Dauer des Versuches in Minuten	Kohlensäu[re]production ccm pro Kil[o u.] Stunde (0° C. un[d] 0,76 M.)
1.	465,2	39,0	Constant	Injection von 0,002 gr Cur. um 9 Uhr.	17	586,2
2. 3.	420,7	39,08	Constant		45	361,6
4. 5.	423,3	39,16	Constant	Erneute Inject. von 0,002 gr Curare, um 11 Uhr 9 Min. am Ende von Versuch IV.	40	402,9
6. 7.	469.9	40,5	Temp. steigt continuirlich v. 39,0° bis 42,1°		37	497,0
8. 9.	524,4	42,1	Constant		33	603,9
10.	427,4	41,9	Constant		20	418,2
11.	Tod im Beginn des Versuchs 11, ohne bekannte Ursache.					

Generaltabelle I

zur Bestimmung des mittleren Sauerstoffverbrauches und der Kohlensäurebildung pro Kilo und Stunde in ccm (0° C. und 0,76) bei curarisirten Kaninchen, deren Körpertemperatur normal:

Nähere Bezeichnung des Versuches.	Sauerstoff.	Kohlensäure.	Temperatur in Recto.
Serie V_1	475,0	—	38,0 ° C.
„ V_5	467,4	—	39,2 „
„ VI_1	521,0	—	39,2 „
„ VI_2	450,3	—	39,0 „
„ VI_3	528,5	—	39,1 „
„ VI_8	414,2	—	38,8 „
„ VI_9	532,7	—	38,8 „
„ VII_1	479,8	—	39,0 „
„ VII_2	513,3	—	39,2 „
„ VII_3	516,4	—	38,4 „
„ VII_4	485,1	—	39,1 „
„ VIII_1	442,7	454,5	39,1 „
„ VIII_2	403,9		39,0 „
„ VIII_3	369,7	354,8	39,3 „
„ VIII_4	362,3		39,1 „
„ VIII_9	266,1	—	39,1 „
„ VIII_{11}	339,7	258,9	38,5 „
„ VIII_{12}	296,2		39,3 „
„ IX_1	465,1	—	39,0 „
„ IX_2	363,6	361,6	39,0 „
„ IX_3	491,4		39,1 „
„ IX_4	366,9	354,8	39,2 „
„ IX_5	479,9		39,1 „
Summa:	10031,3	1784,6	896,6 ° C.
Mittel:	436,2	356,9	39,00° C.

Respiratorischer Quotient = 0,82.

Nach den sehr zahlreichen Analysen von Dr. Dittmar Finkler und Dr. Ernst Oertmann, die mit demselben Apparate, mit normalen Kaninchen von derselben Race bei Anstellung künstlicher Respiration, auch im warmen Bade zur Erhaltung der normalen Körpertemperatur unter meinen Augen angestellt worden sind, ergibt sich[1])

1) Dittmar Finkler und Ernst Oertmann. Ueber den Einfluss der Athemmechanik auf den Stoffwechsel. Dies Archiv 14, p. 62.

Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde in ccm (0° C. u. 0,76 m)	Kohlensäureabgabe pro Kilo und Stunde in ccm (0° C. u. 0,76 m)
im Mittel: 673,21 ccm.	570,41 ccm.

Wir fanden für curarisirte Thiere:

im Mittel 436,20 ccm.	356,9 ccm.

Der respiratorische Quotient war

bei den normalen Thieren: 0,84

bei den Curarisirten: . . 0,82

Also nimmt der Sauerstoffverbrauch während einer energischen Curarenarkose um 35,2 %, die Kohlensäureausscheidung um 37,4% ab. Diese Zahlen liegen so nahe an einander, dass also wahrscheinlich beide Processe in relativ gleicher Stärke durch die Vergiftung betroffen werden.

Wir stellen nunmehr ferner eine Generaltabelle zusammen zur Ermittelung der Oxydation bei Steigerung der Körpertemperatur über die Norm. Zur Vereinfachung der Rechnung nehme ich immer die abgeleitete Tabelle der Serien, in denen die Zahlen sich also über längerdauernde Zeit erstrecken, was ja der Zahl nur eine grössere Sicherheit gibt. Ich excludire alle Fälle, bei denen in Folge einer starken Abkühlung das Thier so herabgekommen ist, dass die Steigerung der Körpertemperatur nicht ihren vollen Effect hat und ebenso einen Versuch, bei dem der Tod unmittelbar der Beobachtung nachfolgt.

Generaltabelle II

für die Oxydation curarisirter Kaninchen, deren Temperatur in Recto über 39,3° C. Sauerstoffverbrauch und Kohlensäurebildung ist pro Kilo und Stunde berechnet in ccm und auf 0° C. und 0,76 m bezogen.

Zahl des Versuches.	Sauerstoff.	Kohlensäure.	Temp. in Recto.
Serie III_2 u. III_3	524,8	453,2	40,4° C.
„ III_6	675,2	594,4	39,5 „
„ $IV_{(2-5)}$	514,5	567,3	41,3 „
„ $V_{(2-4)}$	632,4	660,6	41,2 „
„ $VI_{(4-5)}$	523,6	—	40,0 „
„ $VI_{(6-7)}$	538,6	—	41,3 „
„ $VI_{(10-12)}$	526,8	—	41,6 „
„ $VII_{(5-6)}$	543,8	—	40,3 „
„ $VII_{(7)}$	538,2	—	41,6 „
„ $VIII_{(5 u. 6)}$	400,0	399,2	40,8 „

Zahl des Versuches	Sauerstoff.	Kohlensäure.	Temp. in Recto.
Serie VIII(7 u. 8)	398,2	389,2	41,85° C.
„ IX(6 u. 7)	469,9	497,0	40,50 „
„ IX(8 u. 9)	524,4	603,9	42,10 „
Summe:	6810,4	4164,8	532,45° C.
Mittel:	523,8	520,1	41,0 ° C.

Respiratorischer Quotient = 0,99.

Demnach hat die Steigerung der Temperatur des Körpers von 39 auf 41°, d. h. um 2° C. eine Steigerung des Sauerstoffverbrauchs von 436,2 ccm auf 523,8 ccm zur Folge, was einer Zunahme von 523,8 — 436,2 = 87,6 ccm pro Kilo und Stunde oder 44 ccm pro 1° C. und pro 1 Kilo und 1 Stunde entspricht. Also nimmt der Sauerstoffverbrauch bei Steigerung der Temperatur über die Norm auf je 1° C. um 10% zu.

Die analoge Rechnung für die Kohlensäure ergibt

Kohlensäure bei 41° = 520,1 ccm pro Kilo und Stunde.
„ „ 39° = 356,9 „ „ „ „ „
Zunahme = 164,2 ccm
oder für 1° C. . . . . = 81,6 ccm pro Kilo und Stunde.

Demnach hat die Kohlensäure mehr als doppelt so schnell, nämlich um 22,9 % für 1° C. Temperatursteigerung zugenommen, weshalb auch der respiratorische Quotient fast gleich 1 ist.

Generaltabelle III.

Oxydation unterhalb der Normal-Temperatur des Thieres. Alle Verhältnisse sind wie in der früheren Generaltabelle.

Versuchsnummer	Sauerstoff in ccm	Kohlensäure in ccm	Temp. des Thieres
Serie I	115,2	154,8	22,2° C.
„ III₁	298,6	—	36,9 „
„ III₅	409,6	368,9	33,5 „
„ IV(6, 7, 8)	319,7	334,5	33,4 „
„ V(5, 6, 7)	450,3	468,9	37,4 „
„ V(8 u. 9)	214,4	256,6	30,2 „
„ VIII(9, 10)	283,8	277,8	37,7 „
Summa:	2091,6	1861,5	231,3
Mittel:	298,8	310,3	33,0° C. für Sauerstoff 32,4° C. für Kohlensäure.

Respiratorischer Quotient 1,0.

Aus Generaltabelle I und III folgt:

Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde bei 39°
in recto . . . . = 436,2 ccm

Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde bei 33°
in recto . . . . = 298,8 „

Also Abnahme für 6° = 137,4 ccm

oder 22,9 ccm für 1° C. entsprechend 5,2 %.

Kohlensäureproduction pro Kilo und Stunde bei
39° in recto . . . . = 356,9 ccm

Kohlensäureproduction pro Kilo und Stunde bei
32,4 in recto . . . . = 310,3 „

Also Abnahme für 6,7° = 46,6 ccm

oder 7,00 ccm für 1° C. entsprechend 1,9 %.

Aus diesen Zusammenstellungen folgt, dass in dem Maasse als die Temperatur des Körpers zunimmt der Sauerstoffverbrauch und die Kohlensäurebildung wächst, so aber, dass dieses Wachsen nicht streng der Temperatur proportional ist, sondern besonders oberhalb der Normaltemperatur mit ganz ungeheuer beschleunigter Geschwindigkeit geschieht. Die Abhängigkeit der Oxydation von der Temperatur des Thieres stellt also eine Curve dar, welche der Abscisse ihre Convexität zukehrt und im Bereiche der Fiebertemperatur mit ausserordentlicher Steilheit sich erhebt. Unterhalb der Normaltemperatur scheint nach von mir angestellten Rechnungen die Curve sich ziemlich einer Geraden zu nähern.

Kohlensäure und Sauerstoff, die in den genannten Cardinalpunkten durchaus mit einander übereinstimmen, scheinen mit Rücksicht auf die Grösse der Abhängigkeit von der Temperatur nicht mehr demselben Gesetze zu gehorchen. Denn während die Kohlensäure beim Steigen der Temperatur über die Norm viel energischer zunimmt, als der Sauerstoffverbrauch, ist es bei dem Sinken der Temperatur unter die Norm umgekehrt: die Kohlensäureproduction nimmt langsamer ab, als die Sauerstoffaufnahme. Ich bekenne indessen, dass man, solange nicht grössere Versuchsreihen vorliegen, nicht allzuviel aus den Zahlen ableiten soll, was vielleicht nur durch Zufälligkeiten bedingt ist. Ueber die Verschiedenheit der beiden Functionen — der Sauerstoffaufnahme und der Kohlensäureproduction — müssen weitere Untersuchungen den sicheren Entscheid bringen.

Stellen wir nun schliesslich nochmals die 3 Reihen der Mittelwerthe zur Erleichterung der Uebersicht zusammen.

Generaltabelle IV

abgeleitet aus den Generaltabellen I, II, III.

Temperatur in Recto in ° C.	Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde in ccm (0° C. und 0,76 M. Hg)	Kohlensäurebildung pro Kilo und Stunde in ccm (0° C. und 0,76 M. Hg)
33,0	298,8	—
32,4	—	310,3
39,0	436,2	356,9
41,0	523,8	520,1

Hieraus folgt:

Mittl. Steigerung des Sauerstoffverbrauches pro Kilo und Stunde bei Steigerung der Körpertemp. über die Norm in ccm, für 1° berechnet	Mitttl. Steigerung der Kohlensäureabgabe pro Kilo und Stunde bei Steigerung der Körpertemperatur über die Norm in ccm, für 1° berechnet	Procentische Steigerung des Sauerstoffverbrauches bei Steigerung der Körpertemp. über die Norm um 1° C.	Procentische Steigerung der Kohlensäureproduction bei Steigernng der Körpertemp. über die Norm um 1° C.
44,0	81,6	10,0 %	22,9 %
Mittl. Abnahme des Sauerstoffverbrauches pro Kilo und Stunde bei Abnahme der Körpertemp. unter die Norm, für 1° berechnet	Mittl. Abnahme d. Kohlensäureabgabe pro Kilo und Stunde bei Abnahme der Körpertemp, unter die Norm für 1° berechnet	Wie oben procentische Abnahme	Wie oben procentische Abnahme
22,9	7,0	5,2 %	1,9 %

Zweiter Abschnitt der Untersuchung.

Wiewohl die Curareversuche den Beweis für die Theorie erbracht haben, dass nach Ausschliessung der Einwirkung des centralen Nervensystemes auf die Muskeln keinerlei Spur einer die Temperatur des Körper-Inneren regulirenden Thätigkeit bemerkt wird, da die Oxydationen mit dieser Temperatur steigen und fallen, schien es mir der fundamentalen Bedeutung dieser Thatsache halber doch in hohem Grade wünschenswerth, denselben Beweis noch

durch Versuche an nicht vergifteten Thieren zu erbringen. Ich beschloss deshalb das Rückenmark ungefähr zwischen Cervical- und Dorsalregion zu durchschneiden, was ja die unmittelbare Paralyse der Theile des Körpers zur Folge hat, welche ihre Nerven aus der hinter dem Schnitt gelegenen Partie des Rückenmarks erhalten. Dies ist aber die Hauptmasse des gesammten Thierkörpers, weshalb ein solcher Schnitt annähernd so wirken wird, als ob man den ganzen Organismus der Einwirkung des centralen Nervensystemes entzogen hätte. Der Erfolg bestätigte meine Erwartung.

X. Serie. (13. November.)

Kaninchen von 2100 gr wird tracheotomirt und dann mit Vermeidung fast aller Blutung die Medulla spinalis zwischen dem letzten Hals- und ersten Brustwirbel durchschnitten. Die Section post mortem ergibt, dass ein schmaler Streif der linken Vorderstränge nicht durchtrennt worden ist. Es war aber während des Lebens vollkommene Paralyse des Rumpfes vorhanden. Kopf und Hals und Arme wurden noch kräftig willkürlich bewegt und die Athembewegungen waren sehr energisch vorhanden. Der Herzschlag aber erschien sehr schwach und im Unterschied von den curarisirten Kaninchen bei Palpation des Thorax mit den Fingerspitzen kaum fühlbar. — Zur Vermeidung der Blutung bei der Section der Medulla spinalis verfahre ich so, dass ich den betreffenden Processus spinosus am Halse aufsuche, einen kleinen Hautschnitt darüber ausführe und mit dem Messer durch das Fett unter Umgehung der Blutgefässe bis auf den Dornfortsatz vordringe, dann vorsichtig mit Messer oder Pincette den Dornfortsatz bis auf den Bogen isolire, indem die Muskelschicht beiderseits unter Beihülfe des Assistenten nach Aussen gedrängt wird. Dann reinige ich vor (Vorn bedeutet hier in der Richtung nach dem Kopf) der Wurzel des Processus spinosus und dem arcus die Wunde. Bis dahin braucht kein Tropfen Blut geflossen zu sein. Ich schneide nun mit dem Messer das hier nur von der Membrana intercruralis bedeckte Rückenmark vollkommen durch, wobei man scharf gegen die Wirbelkörper schneiden kann. Sofort führe ich einen Propf trockne Watte mit der Pincette in die blutende Höhle, nähe nun die Muskeln so zusammen, dass sie die Wunde und den Propf hermetisch verschliessen. Ebenso vernähe ich die Hautwunde, lege einen Streif gutes Heftpflaster über diese und bestreiche das Ganze mit dickem Collodium. Auf diese Weise ist die Wunde luft- und wasserdicht geschlossen und das Kaninchen kann beliebig lang in warme Bäder gebracht werden, ohne dass eiu Bluttropfen die Klarheit des Wassers trübt. Dies darf schon deshalb nicht geschehen, weil die Thermometer in ano und im Bade selbst fortwährend controllirt werden müssen.

Versuch I.

Anfang des Versuches 10 Uhr 40 Minuten.

Teit	10 Uhr 40 Min.	45	50	55	11 Uhr.
Temperatur des Thieres in °C.	37,8	38,3	38,6	38,9	39,1
Temperatur des Bades . . .	40,0	39,8	39,5	40,5	40,2

a) Anfangsvolum im Spirometer I. . . . . = 761,73 ccm
Temperatur . . . . = 11,0° C.
Druck . . . . = 744,51 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Volum a . . . . = 717,32 ccm
b) Endvolum im Spirometer I . . . . = 483,84 „
Temperatur . . . . = 11,5° C.
Druck . . . . = 744,18 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Volum b . . . . = 454,64 ccm
Also verbrauchtes (20 Minuten) Volum . . . . = 262,69 „
Die mittlere Temperatur des Thieres war:

38,5° C.

Die Kohlensäureabgabe betrug . . . . = 313,54 „
Hieraus folgt eine Kohlensäureabgabe pro Kilo und Stunde von:

447,9 ccm.

Die Anfangs erhaltene Kohlensäure ist wegen der künstlichen Respiration fast immer abnorm hoch und wird in der Tabelle nicht aufgeführt.

Versuch II.

Anfang des Versuches 11 Uhr.

Zeit	11 Uhr	5	10	15	20
Temperatur des Thieres in °C.	39,1	39,4	39,4	39,6	39,6
Temperatur des Bades . . .	40,2	39,5	39,2	39,0	38,5

a) Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 907,46 ccm
Temperatur . . . . = 11,2° C.
Druck . . . . = 744,38 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Volum a . . . . = 853,82 ccm
b) Endvolum im Spirometer II. . . . . = 584,10 „
Temperatur . . . . = 11,7° C.
Druck . . . . = 744,04 mm
Auf 0° C. und 760 mm reducirtes Volum b . . . . = 548,37 ccm
Also Sauerstoffverbrauch (20 Min.) . . . . = 305,45 „
Die mittlere Temperatur des Thieres war:

39,4° C.

Nehmen wir nun wieder Versuch I und II als einen Versuch von längerer Dauer (40 Minuten), so ergibt sich:

Sauerstoffverbrauch in Versuch I . . . . = 262,69 ccm
" " " II . . . . = 305,45 "

Totalverbrauch . . . = 568,14 ccm

Hieraus folgt ein Sauerverbrauch pro Kilo und Stunde von:

405,8 ccm

bei einer mittleren Temperatur des Thieres von:

38,9° C.

Die Kohlensäureabgabe betrug . . . . = 254,6 ccm

Hieraus folgt eine Kohlensäureabgabe pro Kilo und Stunde von:

363,7 ccm.

Versuch III.

Anfang 11 Uhr 20 Minuten.

Zeit	11 Uhr 20 Min.	25	30	35	40
Temperatur des Thieres in °C.	39,6	39,5	39,4	39,4	39,3
Temperatur des Bades . . .	38,5	38	37,8	37,5	37

Da am Anfang und Ende des Versuches Druck und Temperatur gleich sind, wird die Differenz der Gasvolumina im Spirometer I reducirt.

a) Anfangsvolum . . . . = 720,32 ccm
b) Endvolum . . . . = 433,33 "
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 286,99 "
Temperatur . . . . = 11,7° C.
Druck . . . . . . = 744,04 mm
Auf 0° C. und 0,76 m reducirter Sauerstoff . . . . = 269,43 ccm

Die mittlere Temperatur des Thieres betrug:

39,4° C.

Die Kohlensäureabgabe betrug . . . . = 244,96 ccm

Versuch IV.

Anfang 11 Uhr 40 Minuten.

Zeit	11 Uhr 40 Min.	45	50	55	12 Uhr	5
Temperatur des Thieres in °C.	39,3	39,3	39,2	38,8	38,7	38,7
Temperatur des Bades . . .	37	36,8	36,5	39,0	39,0	39,6

Differenz von Anfang- und Endvolum ist wie im vorigen Versuche zu bestimmen.

a) Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 921,37 ccm
b) Endvolum " " II . . . . = 515,43 "
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 405,94 "
Temperatur . . . . = 11,7° C.
Druck . . . . . . = 744,04 mm

Auf 0° C. und 0,76 m reducirter Sauerstoff . . . . = 381,11 ccm
Dieser Werth gilt aber für 25 Minuten.
Die mittlere Temperatur des Thieres war:

39,0° C.

Die Kohlensäureabgabe betrug . . . . = 318,95 ccm

Versuch V.

Anfang 12 Uhr 5 Minuten.

Zeit	12 Uhr 5 Min.	10	15	20	25	30
Temperatur des Thieres in ° C.	38,7		39,1	39,5	39,7	39,9
Temperatur des Bades . . .	39,6		42	42	41,8	

Die Differenz von Anfang- und Endvolum darf wieder direct reducirt werden.

a) Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 700,78 ccm
b) Endvolum „ „ I . . . . = 284,33 „
Also Verbrauch . . . . = 416,45 „
Temperatur . . . . = 11,7° C.
Druck . . . . . . = 744,04 mm
Auf 0° C. und 0,76 m reducirter Sauerstoff . . . = 390,97 ccm
Abermals gilt dieser Werth für 25 Minuten.
Die mittlere Temperatur des Thieres war:

39,3° C.

Fassen wir abermals Versuch III, IV und V zu einem Versuche zusammen, so ergibt sich:

Verbrauch in 20 Minuten (Vers. III) . . . . . . = 269,43 ccm
„ „ 25 „ („ IV) . . . . . . = 381,11 „
„ „ 25 „ („ V) . . . . . . = 390,97 „
Also Verbrauch in 70 Minuten . . . . = 1041,51 „
Hieraus folgt pro Kilo und Stunde ein Sauerstoffverbrauch von:

425,1 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres in diesem langen Zeitraum war:

39,2° C.

Die Kohlensäureabgabe betrug . . . . = 326,45 ccm
Hieraus folgt:
Kohlensäureausscheidung in Versuch III (20 Min.) . = 244,96 „
„ „ „ IV (25 „) . = 318,95 „
„ „ „ V (25 „) . = 326,45 „
Also Kohlensäureausscheidung in diesen 70 Minuten . = 890,36 „
Hieraus folgt eine Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde von:

363,4 ccm.

Versuch VI.

Um 12 Uhr 30 Minuten muss wegen Schleim in der Canüle der Versuch für einige Minuten unterbrochen werden zur Reinigung der Canüle. Thier athmet allein athmosphärische Luft. Wiederbeginn des Versuches 12 Uhr 45 Minuten.

Zeit	12 Uhr 45 Min.	50	55	1 Uhr	5
Temperatur des Thieres in °C.	40,5	40,7	40,8	41,1	41,2
Temperatur des Bades . . .	42,5	42	41,5	42,8	42,2

a) Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 947,08 ccm
Temperatur . . . . = 11,7° C.
Druck . . . . . . = 744,04 mm
Auf 0° C. und 0,76 m reducirtes Volum a . . . . = 889,14 ccm
b) Endvolum im Spirometer II. . . . . = 652,77 „
Temperatur . . . . = 12,3° C.
Druck . . . . . . = 743,64 mm
Auf 0° C. und 0,76 m reducirtes Volum b . . . . = 611,21 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 277,93 „
Die mittlere Temperatur des Thieres war:
40.8° C.
Die Kohlensäureausscheidung betrug . . . . . . = 304,88 „

Versuch VII.

Anfang des Versuches 1 Uhr 5 Minuten.

Zeit	1 Uhr 5 Min.	10	15	20	25
Temperatur des Thieres in °C.	41,2	41,3	41,4	41,4	41,5
Temperatur des Bades . . .	42,2	42	41,5	41	42,5

Druck und Temperatur am Anfang und Ende des Versuches gleich. Darum Reduction der Volumdifferenz:

Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 729,70 ccm
Endvolum „ „ I . . . . = 346,21 „
Also Verbrauch . . . . = 383,49 „
Temperatur . . . . = 12,3° C.
Druck . . . . . . = 743,64 mm
Auf 0° C. und 0,76 m reducirter Sauerstoff . . . = 359,07 ccm
Die mittlere Temperatur des Thieres war . . . . = 41,3° C.

Bilden wir wieder aus Versuch VI und VII einen Versuch von 40 Minuten Dauer, so ergiebt sich:

Sauerstoffverbrauch in 20 Min. (Vers. VI) . . . . = 277,93 ccm
„ „ 20 „ („ VII) . . . . = 359,07 „
Also Sauerstoffverbrauch in 40 Minuten . . . . = 637,00 ccm

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

455,0 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres während dieser 40 Minuten war:

41,0° C.

Die Kohlensäureausscheidung betrug . . . . . . = 297,10 ccm

Hieraus folgt:

Kohlensäureausscheidung in Versuch VI . . . . . = 304,88 „

„ „ „ VII . . . . . = 297,10 „

Also Kohlensäureausscheidung in diesen 40 Minuten . = 601,98 „

Also ergibt sich pro Stunde und Kilo eine Kohlensäureausscheidung von:

429,9 ccm.

Versuch VIII.

Anfang des Versuches 1 Uhr 25 Minuten.

Zeit	1 Uhr 25 Min.	30	35	40	45
Temperatur des Thieres in °C.	41,5	41,5	41,6	41,6	41,7
Temperatur des Bades . . .	42,5	42	41,5	41,2	42

Wie bei dem vorigen Versuch ist die Volumdifferenz der Gase zu reduciren:

Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 934,29 ccm

Endvolum „ „ I . . . . = 591,94 „

Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 342,35 „

Temperatur . . . . = 12,3° C.

Druck . . . . . . = 743,64 mm

Verbrauchter Sauerstoff auf 0° C. und 0,76 m reducirt = 320,56 ccm

Die mittlere Temperatur des Thieres war: . . . . = 41,6° C.

Die Kohlensäureausscheidung betrug . . . . . . = 294,15 ccm

Versuch IX.

Anfang des Versuches 1 Uhr 45 Minuten.

Zeit	1 Uhr 45 Min.	50	55	2 Uhr	5
Temperatur des Thieres in °C.	41,7	41,7	41,7	41,8	41,8
Temperatur des Bades . . .	42	41,8	41,5	41,2	40,6

a) Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 752,35 ccm

Temperatur . . . . = 12,3° C.

Druck . . . . . . = 743,64 mm

Anfangsvolum auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . = 704,45 ccm

b) Endvolum im Spirometer I . . . . = 415,15 „

Temperatur . . . . = 11,7° C.

Druck . . . . . . = 744,04 mm

Endvolum auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 389,75 ccm
Also verbrauchter Sauerstoff . . . . = 314,70 „
Die mittlere Temperatur des Thieres war . . . . = 41,7° C.
Hieraus folgt:
Sauerstoffverbrauch in 20 Minuten (Vers. VIII) . . = 320,56 ccm
„ „ 20 „ („ IX) . . = 314,70 „
Sauerstoffverbrauch in 40 Minuten . . . . = 635,26 „
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

453,7 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres während dieser 40 Minuten war:

41,6° C.

Die Kohlensäureausscheidung betrug . . . . . . = 254,10 ccm
Also folgt:
Kohlensäureausscheidung in Vers. VIII (20 Min) . . = 294,15 „
„ „ „ IX (20 „) . . = 254,10 „
Also Kohlensäureausscheidung in diesen 40 Minuten . = 548,25 „
Also ergibt sich pro Kilo und Stunde eine Kohlensäureausscheidung von:

391,1 ccm.

Versuch X.

Anfang des Versuches 2 Uhr 5 Minuten.

Zeit	2 Uhr 5 M.	10	15	20	25
Temperatur des Thieres in °C.	41,8	41,8	40,8	39,1	38
Temperatur des Bades . . .	40,6	40	Thier wird aus dem warmen Bad gehoben.	Thier wird 2 Uhr 20 Min. wieder in das Bad von 39° gelegt.	

a) Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 847,01 ccm
Temperatur . . . . = 11,7° C.
Druck . . . . . . = 744,04 mm
Anfangsvolum auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . = 795,19 ccm
b) Endvolum im Spirometer II . . . . = 584,10 „
Temperatur . . . . = 12,3° C.
Druck . . . . . . = 743,64 mm
Endvolum auf 0° C. und 76 m reducirt . . . . . = 546,92 ccm
Also verbrauchter Sauerstoff . . . . = 248,27 „
Hieraus folgt pro Kilo und Stunde ein Sauerstoffverbrauch von:

354,7° C.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

40,4° C.

Wir begannen nach Versuch X Versuch XI. In den ersten 7 Minuten war das Thier noch sicher lebendig, hatte aber nur 3 grosse Theilstriche, also circa 47 ccm Sauerstoff (nicht reducirt) verbraucht. Die Erklärung dieses colossalen Abfalls des Sauerstoffverbrauches, die allerdings mit der Abkühlung ungewöhnlich energisch hervorgetreten war, ergab sich durch den um 2 Uhr 35 Minuten erfolgten Tod des Thieres. Das erklärt weshalb schon bei Versuch VIII und IX die Temperatursteigerung von 0,6° C. keine Steigerung des Stoffwechsels mehr erzeugte und warum mit dem Moment der Abkühlung die Oxydation so ganz ausserordentlich fiel.

Die Kohlensäureausscheidung betrug . . . . = 232,65 ccm

Das macht pro Kilo und Stunde:

332,4 ccm.

Tabelle von Serie X.

Nummer des Versuchs	Sauerstoffverbrauch in ccm auf 0° C. und 0,76 M. reduc. pro Kilo und Stunde	Temp. des Thieres, in ° C. eventuell mittlere	Angabe der Grenzen, innerhalb welcher die Temperatur des Thieres schwankte	Dauer des Versuches in Minuten	Kohlensäureausscheidung in ccm auf 0° C. und 0,76 M. reduc. pro Kilo und Stunde
1. 2.	405,8	38,9	steigt von 37,8 bis 39,6° C.	40	363,7
3. 4. 5.	425,1	39,2	schwankt zwischen 38,7 und 39,9° C.	70	363,4
6. 7.	455,0	41,0	steigt von 40,5 bis 41,5° C.	40	429,9
8. 9.	458,6	41,7	Constant	40	391,1
10.	354,7	40,4	sinkt von 41,8 auf 38° C.	20	332,4
11.	10 Minuten nach Beginn von Versuch XI stirbt das Thier, darum auch der ungewöhnlich starke Abfall bei Versuch X.				

XI. Serie. (18. November.)

Kaninchen von 1650 gr Gewicht. Medulla spinalis zwischen dem letzten Hals- und ersten Brustwirbel durchschnitten. Künstliche Respiration.

Versuch I.

Anfang des Versuches 12 Uhr.

Zeit	12 Uhr.	5	10	15	20
Temperatur des Thieres in ° C.	40	40,3	40,5	40,6	40,8
Temperatur des Bades . . .	41,0	40,8	41,8	42,5	42

a) Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 698,46 ccm
Temperatur . . . . = 13,6° C.
Druck . . . . . . = 741,62 mm
Anfangsvolum auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . = 649,24 ccm
b) Endvolum im Spirometer I . . . . = 405,32 „
Temperatur . . . . = 14,0° C.
Druck . . . . . . = 741,31 mm
Endvolum auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . . = 376,08 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 273,16 „
Mittlere Temperatur des Thieres . . . . = 40,4° C.
Die Kohlensäureabgabe betrug . . . . = 319,09 ccm

Versuch II.

Anfang des Versuches 12 Uhr 20 Minuten.

Zeit	12 Uhr 20 Min.	25	30	35	40
Temperatur des Thieres in ° C.	40,8	41,0	41,2	41,3	41,5
Temperatur des Bades . . .	42	41	41	42	41,5

a) Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 896,54 ccm
Temperatur . . . = 13,6° C.
Druck . . . . . . = 741,62 mm
Anfangsvolum auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . = 833,37 ccm
b) Endvolum im Spirometer II . . . . = 580,17 „
Temperatur . . . . = 14,4° C.
Druck . . . . . . = 741,0 mm
Endvolum auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . . = 537,35 ccm
Sauerstoffverbrauch also . . . . = 296,02 „
Mittlere Temperatur des Thieres . . . . = 41,1° C.
Aus Versuch I und II folgt:
Sauerstoffverbrauch in 20 Minuten (Vers. I) . . . = 273,16 ccm
„ „ 20 „ („ II) . . . = 296,02 „
Gesammtverbrauch in 40 Minuten . . . . = 596,18 „
Also Sauerstoffverbrauch pro Stunde und Kilo:
517,3 ccm.
Mittlere Temperatur während dieser 40 Minuten:
40,7° C.
Die Kohlensäureabgabe betrug . . . . = 347,83 ccm
Hieraus folgt:
Kohlensäureabgabe in Versuch I . . . . = 319,08 „
„ „ „ II . . . . = 347,83 „
Also eine Kohlensäureabgabe innerhalb 40 Minuten . = 666,92 „
Also ergibt sich eine Kohlensäureabgabe pro Kilo und Stunde von:
665,7 ccm.

Versuch III.

Anfang des Versuches 12 Uhr 40 Minuten.

Zeit	12 Uhr 40 Min.	45	50	55	1 Uhr
Temperatur des Thieres in ° C.	41,5	41,5	41,6	41,6	41,8
Temperatur des Bades . . .	41,5	41,0	41,0	42,0	41,8

Druck und Temperatur am Anfang und Ende des Versuches für die Gasanalyse gleich; darum Reduction der Volumdifferenz.

Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 700,78 ccm
Endvolum „ „ I . . . . = 389,23 „
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 311,55 „
Temperatur . . . . = 14,4° C.
Druck . . . . . . = 741,0 mm
Sauerstoff auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . . = 288,56 ccm
Mittlere Temperatur des Thieres . . . . = 41,6° C.
Die Kohlensäureabgabe betrug . . . . = 272,95 ccm

Versuch IV.

Anfang des Versuches 1 Uhr.

Zeit	1 Uhr	5	10	15	20
Temperatur des Thieres in ° C.	41,8	41,8	41,8	41,8	41,8
Temperatur des Bades . . .	41,8	41,5	41,0	40,8	40,5

Bedingungen für die Sauerstoffanalyse wie bei Versuch III.

Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 890,56 ccm
Endvolum „ „ II . . . . = 578,21 „
Sauerstoffverbrauch im Spirometer II . . . . = 312,36 „
„ auf 0° C. und 0,76 m reducirt . = 289,31 „
Constante Temperatur des Thieres . . . . = 41,8° C.

Aus Versuch III und IV folgt:

Sauerstoffverbrauch in 20 Minuten (Vers. III) . . . = 288,56 ccm
„ „ 20 „ („ IV) . . . = 289,31 „

Also Sauerstoffverbrauch pro Stunde und Kilo:

526,5 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

41,7° C.

Die Kohlensäureabgabe betrug . . . . = 297,67 ccm

Hieraus folgt:

Kohlensäureabgabe in Versuch III . . . . = 272,95 ccm
„ „ „ IV . . . . = 297,67 „
Also Kohlensäureabgabe in diesen 40 Minuten . . . = 570,62 „

Hieraus folgt eine Kohlensäureabgabe pro Kilo und Stunde von:
518,9 ccm.

Versuch V.

Anfang des Versuches 1 Uhr 20 Minuten.

Zeit	1 Uhr 20 Min.	25	30	35	40
Temperatur des Thieres in ° C.	41,8	41,3	40,4	36,6	36,2
Temperatur des Bades . . .	40,5	Thier aus dem Bad gehoben.		Wieder ins Bad von 38,8.	40

Bedingungen für die Rechnung des Sauerstoffverbrauches wie bei Versuch IV.

Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 710,16 ccm
Endvolum im Spirometer I . . . . = 443,94 „
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 266,22 „
Dieser auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . . . = 246,57 „
Mittlere Temperatur des Thieres . . . . = 39,8° C.
Die Kohlensäureabgabe betrug . . . . = 261,62 ccm

Versuch VI.

Anfang des Versuches 1 Uhr 40 Minuten.

Zeit	1 Uhr 40 Min.	45	50	55	2 Uhr
Temperatur des Thieres in ° C.	36,2	36,6	36,6	36,8	37,2
Temperatur des Bades . . .	40,0	41,0	41,0	40,5	40,2

Rechnungsbedingungen wie bei Versuch V.

Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 900,51 ccm
Endvolum im Spirometer II . . . . = 630,20 „
Sauerstoffverbrauch . . . . = 270,31 „
Dieser auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . . = 250,36 „
Mittlere Temperatur des Thieres . . . . = 36,7° C.
Aus Versuch V und VI folgt:
Sauerstoffverbrauch in 20 Minuten (Vers. V) . . . = 246,93 ccm
„ „ 20 „ (Vers. VI) . . . = 250,36 „
Gesammtverbrauch in 40 Minuten . . . . = 496,93 „
Also Sauerstoffverbrauch pro Stunde und Kilo:
451,7 ccm.
Mittlere Temperatur des Thieres während dieser 40 Minuten:
38,0° C.
Die Kohlensäureabgabe betrug . . . . = 253,6 ccm

Hieraus folgt:

Kohlensäureabgabe in Versuch V . . . . = 261,62 ccm
" " " VI . . . . = 253,6 "
Also Kohlensäureabgabe in diesen 40 Minuten . . . = 515,22 "
Hieraus folgt eine Kohlensäureabgabe pro Kilo und Stunde von:

468,8 ccm.

Versuch VII.

Anfang des Versuches 2 Uhr.

Zeit	2 Uhr	5	10	15	20
Temperatur des Thieres in ° C.	37,2	37,6	38,1	38,6	38,8
Temperatur des Bades . . .	40,2	41,2	40,8	40,5	40

Rechnungsbedingungen wie bei den vorigen Versuchen.

Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 727,34 ccm
Endvolum im Spirometer I . . . . = 476,17 "
Sauerstoffverbrauch . . . . = 251,17 "
Dieser auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . . . = 232,64 "
Mittlere Temperatur des Thieres . . . . = 38,1° C.
Die Kohlensäureabgabe betrug . . . . = 238,52 ccm

Versuch VIII.

Anfang des Versuches 2 Uhr 20 Minuten.

Zeit	2 Uhr 20 Min.	25	30	35	40
Temperatur des Thieres in ° C.	38,8	39,1	39,2	39,4	39,6
Temperatur des Bades . . .	40,0	39,8	39,5	39,2	38,8

Rechnung wie bei Versuch VII.

Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 888,59 ccm
Endvolum im Spirometer II . . . . = 654,73 "
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 233,86 "
Dieser auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . . . = 216,60 "
Mittlere Temperatur des Thieres . . . . = 39,2° C.
Aus Versuch VII und VIII folgt:
Sauerstoffverbrauch in 20 Minuten (Vers. VII) . . . = 232,64 ccm
" " 20 " (Vers. VIII) . . . = 216,60 "
Gesammtsauerstoffverbrauch in 40 Minuten . . . . = 449,24 "
Also Sauerstoffverbrauch pro Stunde und Kilo:

408,4 ccm.

Mittlere Temperatur des Thieres während dieser 40 Minuten:

38,6° C.

Die Kohlensäureabgabe betrug . . . . = 205,34 ccm

Hieraus folgt:
Kohlensäureabgabe in Versuch VII . . . . = 238,52 ccm
„ „ „ VIII . . . . = 205,34 „
Also Kohlensäureabgabe in diesen 40 Minuten . . . = 443,86 „
Hieraus folgt eine Kohlensäureabgabe pro Kilo und Stunde von:

403,4 ccm.

Tabelle von Serie XI.

Nummer des Versuchs	Sauerstoffverbrauch in ccm auf 0° C. und 0,76 M. reduc. pro Stunde und Kilo Thier	Temp. des Thieres, eventuell mittlere, in ° C.	Angabe der Grenzen, innerhalb welcher die Temperatur des Thieres schwankte	Dauer des Versuches in Minuten	Kohlensäureabgabe in ccm auf 0° C. und 0,76 M. reduc. pro Stunde und 1 Kilo Thier
1. 2.	517,3	40,7	steigt von 40 bis 41,5° C.	40	(605,7[1])
3. 4.	526,5	41,7	steigt von 41,5 bis 41,8° C.	40	518,9
5. 6.	451,7	38,0	sinkt von 41,8 auf 36,2 und steigt von 36,2 auf 37,2° C.	40	468,3
7. 8.	406,4	38,6	steigt von 37,2 bis 39,6° C.	40	403,4

Das Thier ist bereits während Versuch VIII halb todt und reagirt nicht bei Berührung der Conjunctiva; daher erklärt sich das Sinken der Oxydation trotz geringer Steigerung der Temperatur.

XII Serie. (16. November.)

Um mich zu überzeugen, dass der so kleine Werth der Oxydation wirklich durch die Section der Medulla bedingt sei, stellte ich mit einem unversehrten Kaninchen einen Versuch an.

Kaninchen 1570 gr Gewicht wird vermittelst der Trachealcanüle mit dem Apparat in Verbindung gebracht und künstliche Respiration unterhalten ganz genau wie bei allen curarisirten und paraplegischen Kaninchen. Das Thier wurde sofort am Apparat apnoisch und blieb es während des ganzen Versuches. Zehn Secunden nach Aufhören der künstlichen Ventilation am Ende der Serie blieben die Athembewegungen aus, begannen dann wieder normal.

1) Dieser Kohlensäurewerth muss zwar als gültig angesehen werden, weil Versuch I einen kleineren Werth als II gibt. Demnach deutet diese Zahl auf einen Beobachtungsfehler, da sonst alle Kohlensäurezahlen dieser Serie sehr nahe den Sauerstoffzahlen liegen, was für die verdächtige Zahl nicht der Fall ist.

Versuch I.

Anfang des Versuchs 2 Uhr 46 Minuten.

Zeit	2 Uhr 46 Min.	51	56	3 Uhr	6
Temperatur des Thieres in ° C.	39,3	38,4	38,2	37,9	37,7
Temperatur der Luft des Laboratoriums . .	Steigt von 11,3° C. auf 11,7° während dieser 20 Min.				

a) Anfangsvolum im Spirometer I . . . . = 742,99 ccm
Temperatur . . . . = 11,3° C.
Druck . . . . = 750,81 mm
Anfangsvolum auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . = 704,87 ccm
b) Endvolum im Spirometer I . . . . = 304,54 ccm
Temperatur . . . . = 11,7° C.
Druck . . . . = 750,54 mm
Endvolum auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 288,41 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 416,46 ccm
Die mittlere Temperatur des Thieres war . . . . = 38,2° C.
Die Kohlensäureausscheidung betrug pro Kilo und Stunde berechnet:
1023,8 ccm.

Der colossale Werth für die Kohlensäure ist natürlich durch die ergiebige künstliche Ventilation bedingt, welche das Thier apnoisch machte und gibt keinen Anhalt für Beurtheilung der während dieser Zeit producirten Kohlensäure. Erst Versuch II darf hierzu verwerthet werden.

Versuch II.

Anfang des Versuches 3 Uhr 6 Minuten.

Zeit	3 Uhr 6 Min.	11	16	21	26
Temperatur des Thieres in ° C.	37,7	37,5	37,3	37,0	37
Temperatur des Laboratoriums	constant auf 11,7° C.				

a) Anfangsvolum im Spirometer II . . . . = 929,32 ccm
Temperatur . . . . = 11,3° C.
Druck . . . . = 750,81 mm
Anfangsvolum im Spirometer II auf 0° C. u. 0,76 red. = 881,64 ccm
b) Endvolum im Spirometer II . . . . = 462,67 „
Temperatur . . . . = 11,7° C.
Druck . . . . = 750,54 mm
Endvolum auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 438,16 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 443,48 ccm
Die mittlere Temperatur des Thieres war: . . . . = 37,3° C.

Die Kohlensäureentwickelung betrug pro Kilo und Stunde:

751,6 ccm.

Aus Versuch I und II folgt:

Sauerstoffverbrauch in Versuch I für 20 Minuten: . = 416,46 ccm

" " " II " 20 " . = 443,48 "

Gesammt-Sauerstoffverbrauch in 40 Minuten . . . = 859,94 "

Also Sauerstoffverbrauch pro Stunde und Kilo:

821,5 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

37,7° C.

Für die Kohlensäure darf aus Versuch I und II ein Mittelwerth nicht genommen werden, weil die energische Lüftung bei Versuch I natürlich viel mehr Kohlensäure aus dem Körper geschafft hat, als in derselben Zeit producirt worden ist. Nach früheren Erfahrungen darf aber der Werth des zweiten Versuches, bei dem sich ein stationärer Zustand hergestellt hat, als die Normalproduction messend behandelt werden.

Generaltabelle V

abgeleitet aus Serie X und XI.

Oxydation nach Section der medulla spinalis für die Normaltemperatur.

Versuchsnummer	Sauerstoff	Kohlensäure	Temperatur in recto
Serie X (1. 2)	405,8 ccm.	363,7 ccm	38,9° C.
" X (3. 4. 5)	425,5 "	363,4 "	39,2 "
" XI (5. 6)	451,7 "	468,3 "	38,0 "
" XI (7. 8)	408,4 "	403,4 "	38,6 "
Summe:	1691,0 ccm	1598,8 ccm	154,7° C.
Mittel:	422,7 ccm	399,7 ccm	38,7° C.

Respiratorischer Quotient = 0,95.

Daraus folgt:

Normalwerth für Sauerstoff pro Kilo und Stunde . . . . 673,21 ccm (Dies Arch. 14. 62)

Nach Durchschneidung des Rückenmarks . . . . 422,70 "

Abnahme 250,51 ccm

oder eine Abnahme von 37,1 % des Normalwerthes.

Normalwerth für Kohlensäure pro
Kilo und Stunde . . . . . . 570,41 ccm (Dies Arch. 14. 62)
Nach Durchschneidung des Rückenmarks . . . . 399,70 „
Abnahme 170,71 ccm
oder eine Abnahme von 29,92 % des Normalwerthes.

Generaltabelle VI

abgeleitet wie Serie X und XI.

Durchschnittenes Rückenmark. Temperatur über Norm.

Versuchsnummer	Sauerstoff	Kohlensäure	Temperatur in recto
Serie X (6. 7)	455,0 ccm	429,9 ccm	41,0° C.
„ X (8. 9)	458,6 „	391,1 „	41,7 „
„ XI (1. 2)	517,3 „	605,7 „	40,7 „
„ XI (3. 4)	526,5 „	518,9 „	41,7 „
Summe:	1957,4 ccm	1945,6 ccm	165,1° C.
Mittel:	489,3 ccm	486,4 ccm	41,3° C.

Respiratorischer Quotient = 0,99.

Aus der vorhergehenden und dieser Tabelle folgt:

Sauerstoffverbrauch bei 38,7° . . . . 422,7 ccm
„ „ bei 41,3° . . . . 489,3 ccm

Für 2,6° C. Zunahme . , ... 66,6 ccm
oder 25,6 ccm für 1° C.
oder 6,1 %.

Kohlensäureabgabe bei 38,7° . . . . 399,7 ccm
„ „ bei 41,3° . . . . 486,4 ccm

Also für 2,6° C. Zunahme . . . . . 86,7 ccm
oder 33,2 ccm für 1°, resp. 8,3 %.

Aus diesen Versuchen ergibt sich also, dass die Oxydation der Temperatur proportional wächst, wenn auch nicht so schnell als es bei den curarisirten Thieren beobachtet wurde. Gleichzeitig tritt aber auch hier das schnellere Wachsen der Kohlensäureabgabe im Vergleich zur Sauerstoffaufnahme wieder hervor.

Dass die Erscheinungen weniger grosse Differenzen geben, hat wohl seinen Grund in der Verlangsamung der Circulation und der Abnahme des Drucks des Blutes, worauf die häufigen Zeichen der Dyspnoë hinweisen, welche trotz energischer Ventilation nicht zu beseitigen waren.

Man kann deshalb mit Recht gegen die Beweiskraft dieser Versuche einwenden, dass die Steigerung der Temperatur des Thieres eine Verstärkung der Herzarbeit, also Beschleunigung des Kreislaufs hervorgerufen und so die Oxydationen begünstigt habe. Dieser Einwand ist nicht ohne Weiteres zu widerlegen: Wir müssen uns also begnügen mit der Thatsache, dass der Versuch so ausgefallen ist, wie es unsere Voraussetzungen fordern, ohne aber darum rückwärts diese zu beweisen. Der Versuch beweist deshalb auch nicht, dass das centrale Nervensystem einen specifischen directen tonischen Einfluss auf die Oxydationsprocesse ausübe, obwohl abermals der Erfolg der Voraussetzung entspricht.

Es schien mir demgemäss der Mühe werth, durch einige Versuche zu entscheiden, ob schon der Ausschluss des grossen Gehirns genüge, eine so bedeutende Herabsetzung der Oxydationsprocesse zu bewirken.

Da ausserdem die Ausschaltung des grossen Gehirns den Herzschlag, sowie den Druck und die Circulation des Blutes nicht wesentlich schädigt, wohl aber vielleicht auch das regulirende Prinzip wenigstens schwächt, hoffte ich zu besseren Resultaten mit Rücksicht auf die Abhängigkeit der Oxydationsprocesse von der Temperatur zu gelangen.

Ich machte demgemäss jetzt eine Reihe von subcutanen Durchschneidungen der peduncudi cerebri und überzeugte mich durch die Section später von dem Erfolge der Operation. Es ergab sich, dass nunmehr dieselben hohen Werthe der Oxydation auftreten wie bei unversehrten Thieren; was aber die Benutzung dieser Operirten für unsere Zwecke sehr erschwerte, waren schnelle sehr starke Schwankungen in der Energie der Oxydationsprozesse, die ein wahres Flackern darboten, wenn auch die Temperatur des Thieres unverändert dieselbe blieb.

Serie XIII. (11. Dec.)

Kaninchen von 1740 gr. Pedunculi cerebri quer durchschnitten.

Das Thier verbraucht pro Kilo und Stunde in Vers. I, der 20 Minuten dauert, 677,8 ccm Sauerstoff (0° C. und 0,76 m); in Vers. II, der ebenfalls 20 Minuten dauert, 605,3 ccm Sauerstoff und producirt in diesem Vers. II 50°,1 ccm Kohlensäure (ebenfalls 0° C. und 0,76 m).

In Versuch III, IV und V fällt der Sauerstoffverbrauch rapide bis auf 415,3 pro Stunde und Kilo und während des Versuches V stirbt das Thier, d. h. etwa 4 Stunden nach der Operation am Gehirn.

Serie XIV. (15. Dec.)

Kaninchen von 1680 gr. Pedunculi cerebri durchschnitten, 10 Uhr 25 Minuten.

Spirometer II erweist sich als undicht. Alle mit ihm angestellten Versuche sind verloren.

Anfang des Versuches 10 Uhr 55 Minuten. Die Temperatur des Thieres wird wie gewöhnlich durch das Bad regulirt. Gegen das Ende der Versuche findet ein rapider Abfall des Sauerstoffverbrauches statt, dem bald 2 Uhr 17 Minuten der Tod des Thieres während Versuch XI folgt. Ich gebe die Resultate in einer Tabelle.

Tabelle von Serie XIV.

Nummer des Versuchs	Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo u. 1 Stunde in ccm auf 0° C. u. 0,76 M. reduc.	Kohlensäureausscheidung pro K. u. Stunde in ccm auf 0° C. und 0,76 M. reducirt	Mittlere Temp. des Thieres in ano in °C.	Angabe der Grenzen, innerhalb welcher die Temperatur des Thieres schwankte	Dauer der einzelnen Versuche in Min.	Bemerkungen
1.	654,6	577,6	37,3	von 36,5 bis 37,8	20	Die Versuche II, IV, VI, VIII, X, sind ausgefall. und dauerten jeder meist 20 Minuten
3.	829,5	893,4	38,8	von 38,5 bis 39,1	15	
5.	710,3	763,4	39,1	Constant	20	
7.	686,1	780,4	40,6	von 40,1 bis 41,3	20	
9.	821,4	698,9	41,3	Constant	20	

Wenn man in diesem Versuche das Mittel nimmt für die Normal- und dann für die Fiebertemperaturen, erhält man annähernd dieselben Werthe, was offenbar durch das plötzliche Aufflackern der Oxydation im Versuch III bedingt ist, weshalb diese Zahlen zur Beurtheilung des Einflusses der Temperatur auf die Oxydationsprocesse nicht zu verwerthen sind. Gleichwohl deuten besonders die Sauerstoffzahlen, wenn man von der Zahl des Versuchs III absieht, unverkennbar auf das Gesetz.

XV. Serie. (17. Dec. Morgens.)

Kaninchen von 1450 gr. Schnitt quer durch die pedunculi cerebri hinter den Colliculi optici. Section ergibt totale Durchtrennung des Gehirnes.

Das Thier verbraucht in den ersten 15 Minuten 931,3 ccm Sauerstoff pro Kilo und Stunde. Dieser Werth bezieht sich auf den Druck von 0,76 m und 0° C.

In dem zweiten Versuche von 20 Minuten verbrauchte das Thier 903,7 ccm Sauerstoff und producirte 600,8 ccm Kohlensäure.

Während des dritten Versuches starb das Thier.

Dritter Abschnitt der Untersuchung.

Es blieb mir nun noch eine Methode die Theorie zu bestätigen, dass im Körper des Warmblüters die Materie sich der Temperatur proportinal oxydirt. Ich wählte hierzu das **normale** Thier, indem ich Bedingungen herstellte, welche das regulirende Prinzip excludiren.

Meine Betrachtungen waren folgende: Ausgehend von der heute wohl von keinem Physiologen mehr bezweifelten Regulation der Körpertemperatur der Warmblüter durch Regulation der Production und des Verlustes der Wärme, sagte ich mir, dass alle Menschen und alle Thiere unter Bedingungen leben, bei denen sie fortwährend Wärme naeh Aussen abgeben. Um bei wachsender Temperatur der Umgebung die Constanz der Bluttemperatur zu erhalten, müssen sie also die Production der Wärme immer mehr herabsetzen. Dies kann nur durch einen Nachlass der Energie der Innervation geschehen; sowie wir für die Ferne unser Auge durch Verringerung der accomodativen Muskelarbeit einstellen. Wenn man nun ein warmblütiges Thier in ein Bad bringt, kann man je nach der Temperatur des Wassers den Wärmeverlust auf ein beliebiges Minimum bringen. In diesem Falle wird das regulirende Prinzip die Production der Wärme ebenfalls einem Minimum zuführen. Nach Allem, was bekannt ist, vermag das Prinzip die Temperatur des Körpers nur durch Arbeit zu steigern, sie herabzusetzen aber nur durch verringerte Arbeit, da gänzliche Ruhe wahrscheinlich nicht ganz erreichbar sein dürfte. Bringt man also durch ein warmes Bad den Wärmeverlust des Thieres auf ein solches Minimum, dass das regulirende Prinzip nun auch die ihm mögliche minimale Anregung der Wärmeproduction erstrebt und steigert man darauf die Temperatur des Bades noch weiter, so wird die

Temperatur im Inneren des Körpers des Thieres zunehmen und die Organe werden eine Steigerung der Oxydationsprocesse darbieten müssen, da die Nerven diese nicht weiter herabzusetzen vermögen. Die Resultate dieser Versuche waren den Erwartungen durchaus entsprechend.

Man könnte nun aber gegen die nahegelegte Deutung den Einwand erheben, dass die Regulation der Körpertemperatur durch Regulation der Wärmeproduction dadurch bewirkt werde, dass die continuirliche tonische Erregung der motorischen Ganglienzellen des centralen Nervensystemes bei dem Anwachsen der Temperatur der Luft durch hemmende Nervenfasern herabgedrückt würde. Dieser Vorstellung zufolge würden die Temperaturnerven um so stärker erregt, je höher die Temperatur wäre. — Wenn dann bei minimalem Wärmeverlust des Thieres die maximale Arbeit der Hemmungsnerven eingetreten, der eine minimale der motorischen Centren entspreche, so wirkt nun die wachsende Temperatur auf die motorischen Centren und bringt sie zu heftiger Erregung. Dass solche Einflüsse vorhanden sind, ist in der That kaum zu bezweifeln, wofür die Muskelkrämpfe, die verstärkte Herzaction, die beschleunigte und vermehrte Arbeit der Athemmuskeln, der Schweissdrüsen sprechen, wenn die Temperatur im Körperinneren die Norm überstiegen hat. Man könnte also sagen, dass die in diesen Fällen wahrgenommene verstärkte Oxydation doch nur das Resultat einer erhöhten Innervation der Muskeln sei, nicht aber die nothwendige Folge der höheren Temperatur der Muskeln.

Ich gebe dies zu. Aber auf der anderen Seite handelt es sich darum, die Einwände zu beseitigen, welche gegen meine Theorie aus der Thatsache entnommen werden können, dass die Oxydationsprozesse der Warmblüter nicht mit der Temperatur der Organe wachsen. Sobald wir zeigen, dass dies unter den gedachten Bedingungen doch der Fall ist, verringert sich die Bedeutung des Einwandes.

Ein anderer Weg der Beweisführung schien mir noch folgender: Die Curareversuche zeigen, dass mit dem Sinken der Temperatur der Organe die Oxydationsprozesse auf jedes beliebige Minimum zu bringen sind. Der Nerv kann nur durch Veranlassung der Oxydation in dem Muskel seine erregende Wirkung ausüben. Demnach müssen Nerv und Kälte Antagonisten sein und es ist von vornherein zu erwarten, dass bei einer gewissen niederen Temperatur

die Wirkung der Kälte die der Innervation übercompensirt, in welchem Falle das Gesetz der Abnahme der Oxydationsprozesse bei Abnahme der Temperatur zu Tage treten muss. Man kann natürlich auch hier sagen, dass diese Abnahme bedingt sei durch die wegen der Kälte des Körperinnern verringerte Innervation, nicht eigentlich durch die niedrige Temperatur der Muskeln. Ich muss vorerst auch dieses zugeben. Aber gleichviel welches die richtige Erklärung sei, sobald feststeht, dass im Wesentlichen die Energie der Oxydationsprozesse abnimmt mit der Abnahme der Temperatur im Körperinnern, haben wir die der Theorie entgegenstehenden Thatsachen beseitigt und die Schwierigkeiten auf ein Minimum gebracht, das vielleicht in der Erklärung der Mechanik der Antagonismen von Nervencentren gipfelt.

Serie XVI. (17. Dec.)

Kaninchen von 1630 gr.

Versuch I.

Anfang des Versuches 2 Uhr 35 Minuten.

Zeit	2 Uhr 35 Min.	40	45	50	55
Temperatur des Thieres in ° C.	38,6	38,5	38,5	38,5	38,5
Temperatur des Bades . . .	37,0	37,5	37,0	38,0	37,3

Das Thier ist vollkommen apnoisch.

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauchs.

a) Sauerstoffvolum am Anfang des Versuchs . . = 796,1 ccm
Druck . . . . = 751,5 mm
Temperatur . . . . = 6,0° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . . = 770,3 ccm

b) Sauerstoffrest . . . . = 472,32 ccm
Druck . . . . = 751,2 mm
Temperatur . . . . = 6,6° C.
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 455,8 ccm
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde
578,8 ccm.
Die Temperatur des Thieres war:
38,5° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde konnte wegen Zerbrechen der Flasche, in welcher das die Kohlensäure enthaltende Kali befindlich war, nicht bestimmt werden.

Versuch III.

Anfang des Versuches 3 Uhr 15 Minuten.

Zeit	3 Uhr 15 Min.	20	25	30	35
Temperatur des Thieres in ° C.	38,5	38,7	38,6	38,5	38,5
Temperatur des Bades . . .	37,5	37,0	38,7	38,3	37,5

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

Druck und Temperatur am Anfange und Ende des Versuches unverändert.

Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 276,88 ccm
Druck . . . . = 751,2 mm
Temperatur . . . . = 6,6° C.
Reducirt auf 0° C. und 0,76 m . . . . = 267,2 ccm

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

491,4 ccm.

Die Temperatur des Thieres war:

38,5° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:

590 ccm.

Versuch V.

Anfang des Versuches 3 Uhr 55 Minuten.

Zeit	3 Uhr 55 Min.	4 Uhr	5	10	15
Temperatur des Thieres in ° C.	38,7	38,9	39,1	39,4	39,7
Temperatur des Bades . . .	38,7	41,0	40,5	40,0	41,5

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches:

Druck und Temperatur am Anfang und Ende des Versuches gleich.

Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 341,24 ccm
Druck . . . . = 751,00 mm
Temperatur . . . . = 7,0° C.
Reducirt auf 0° C. und 0,76 m . . . . = 328,8 ccm

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

605,1 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

39,2° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:

532,3 ccm.

Versuch VII.

Anfang des Versuches 4 Uhr 35 Minuten.

Zeit	4 Uhr 35 Min.	40	45	50	55
Temperatur des Thieres in ° C.	40,6	40,7	40,8	41,0	41,1
Temperatur des Bades . . .	41,5	40,5	40,8	41,8	40,5

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

Druck und Temperatur am Anfang und Ende des Versuches gleich.

Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 420,43 ccm

Druck . . . . . . = 750,5 mm

Temperatur . . . . = 8,0° C.

Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 403,4 ccm

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

742,4 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

40,8° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:

632,5 ccm.

Versuch IX.

Anfang des Versuches 5 Uhr 15 Minuten.

Zeit	5 Uhr 15 Min.	20	25	30	35
Temperatur des Thieres in ° C.	41,1	41,2	41,4	41,5	41,6
Temperatur des Bades . . .	41,0	42,0	41,5	41,1	40,5

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches:

Druck und Temperatur am Anfang und Ende des Versuches unverändert.

Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 408,15 ccm

Druck . . . . . . = 750,4 mm

Temperatur . . . . = 8,2° C.

Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 391,3 ccm

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

720,2 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

41,3° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:

649,8 ccm.

Versuch XI.

Anfang des Versuches 5 Uhr 55 Minuten.

Zeit	5 Uhr 55 Min.	6 Uhr	5	10	15
Temperatur des Thieres in ° C.	41,5	41,0	40,0	39,0	38,2
Temperatur des Bades . . .	Thier aus dem Bad an die Luft von 8,2° C. erhoben.		Wieder in das Bad von 38,0°.		37,0

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

Rechnungsbedingungen wie bei Versuch IX.

Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 361,05 ccm

Reducirtes " . . . . = 346,1 "

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

636,9 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

39,9° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:

603,2 ccm.

Tabelle von Serie XVI.

Nummer des Versuchs	Sauersoffverbrauch pro Kilo und Stunde i. ccm auf 0° und 0,76 M. reducirt	Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde in ccm auf 0° C. und 0,76 M. reducirt	Mittlere Temp. des Thieres in ano in ° C.	Angabe der Grenzen innerhalb welcher die Temperatur des Thieres schwankte	Dauer des Versuchs in Minuten
1.	578,8	nicht bestimmt	38,5	Fast constant	20
3.	491,4	590,0	38,5	Ebenso	20
5.	605,1	532,3	39,2	Temp. steigt v. 38,7 bis 39,7	20
7.	742,4	632,5	40,8	Temp. steigt v. 40,6 bis 41,1	20
9.	720,2	649,8	41,3	steigt von 41,1 bis 41,6	20
11.	636,9	603,2	39,9	fällt von 41,5 auf 38,2	20

Serie XVII. (18. Dec.)

Versuch I.

Kaninchen von 1500 gr.

Anfang des Versuches 10 Uhr 45 Minuten.

Zeit	10 Uhr 45 Min.	50	55	11 Uhr	5
Temperatur des Thieres in ° C.	38,6	38,7	38,8	38,8	38,7
Temperatur des Bades . . .	37,8	37,0	36,9	36,5	37,5

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

a. Sauerstoffvolum am Anfang des Versuches . . . . = 753,14 ccm
Druck . . . . = 750,8 mm
Temperatur . . . . = 5,6° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 729,1 ccm
b. Sauerstoffrest . . . . = 486,92 „
Druck . . . . = 750,6 mm
Temperatur . . . . = 6,1° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 470,4 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 258,7 ccm
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:
517,4 ccm.
Die Temperatur des Thieres war:
38,7° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:
654,5 ccm.

Versuch III.

Anfang des Versuches 11 Uhr 25 Minuten.

Zeit	11 Uhr 25 Min.	30	35	40	45
Temperatur des Thieres in ° C.	38,4	38,5	38,6	38,7	38,7
Temperatur des Bades . . .	38,5	37,5	37,4	37,3	36,5

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

a. Sauerstoffvolum am Anfange des Versuches . . . . = 764,08 ccm
Druck . . . . = 750,5 mm
Temperatur . . . . = 6,3° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 737,5 ccm
b. Sauerstoffrest . . . . = 442,42 „
Druck . . . . = 750,1 mm
Temperatur . . . . = 7,0° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 425,8 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 311,6 ccm
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:
623,2 ccm.
Die mittlere Temperatur des Thieres war:
38,6° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde wurde für Versuch III und V gemeinsam bestimmt. (Siehe Vers. V.)

Versuch V.

Anfang des Versuchs 12 Uhr 5 Minuten.

Zeit	12 Uhr 5 Min.	10	15	20	25
Temperatur des Thieres in ° C.	38,3	38,3	38,6	38,5	38,5
Temperatur des Bades . . .	37,5	38,5	37,0	38,5	38,0

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

Druck und Temperatur am Anfang und Ende des Versuches unverändert.

Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 327,67 ccm

Druck . . . . . . = 750,1 mm

Temperatur . . . . = 7,0° C.

Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 315,3 ccm

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

680,6 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

38,4° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde in Vers. III und V betrug:

627,5 ccm.

Versuch VII.

Anfang des Versuches 12 Uhr 45 Minuten.

Zeit	12 Uhr 45 Min.	50	55	1 Uhr	5	10
Temperatur des Thieres in ° C.	38,4	38,4	38,7	39,0	39,3	39,6
Temperatur des Bades . . .	38,5	42,0	41,5	41,3.	41,5	41,0

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

Druck und Temperatur am Anfang und Ende des Versuches unverändert.

Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 386,58 ccm

Druck . . . . . . = 750,00 mm

Temperatur . . . . = 7,3° C.

Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 371,5 ccm

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

594,4 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

38,8° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:

546,8 ccm.

Versuch IX.

Anfang des Versuches 1 Uhr 40 Minuten.

Zeit	1 Uhr 40 Min.	45	50	55	2 Uhr
Temperatur des Thieres in ° C.	40,8	40,8	40,8	40,9	41,1
Temperatur des Bades . . .	41,5	41,0	40,5	41,5	41,0

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

Rechnungsbedingungen genau wie bei Versuch VII.

Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 559,17 ccm

Reducirtes Sauerstoffvolum . . . . = 345,2 „

Also Sauerstoffverbrauch per Kilo und Stunde:

690,4 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

40,8° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:

648,6 ccm.

Versuch XI.

Anfang des Versuches 2 Uhr 20 Minuten.

Zeit	2 Uhr 20 Min.	25	30	35	40
Temperatur des Thieres in ° C.	41,1	40,7	39,7	39,2	38,4
Temperatur des Bades . . .	Thier aus dem Bade an die Luft von 7,3° C. gehoben.		Wieder in das Bad von 40° C.		40

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

Rechnungsbedingungen wie bei Versuch IX.

Verschwundener Sauerstoff . . . . = 360,14 ccm

Reducirter Sauerstoff . . . . = 346,1 „

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

692,2 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

39,8° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde ist nicht bestimmt.

Tabelle von Serie XVII.

Nummer des Versuchs	Sauerstoff-verbrauch pro Kilo und Stunde in ccm auf 0° C. und 0,76 M. reducirt	Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde i. ccm auf 0° C. und 0,76 M. reducirt	Mittelwerthe d. Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde für längere Zeiträume	Mittlere Temp. des Thieres in ano in ° C.	Angabe der Grenzen, zwischen denen die Temperatur des Thieres schwankte	Dauer des Versuchs in Minuten
1.	517,4	(654,5)		38,7	Fast constant	20
3.	623,2	—	627,5 (Nr. 1–5)	38,6	Temp. steigt v. 38,4 bis 38,7	20
5.	630,6	—		38,4	schwankt zwischen 38,3 u. 38,6	20
7.	594,4	546,8		38,8	steigt von 38,4 auf 39,6	25
9.	690,4	648,6		40,8	steigt von 40,8 auf 41,1	20
11.	692,2			39,8	sinkt von 41,1 auf 38,4	20

XVIII. Serie. (20. Dec.)

Von der Tracheotomie abgesehen unversehrtes höchst kräftiges Kaninchen von 1790 gr Gewicht.

Dies ist eine der Serien, bei welchen sich später mit Sicherheit herausstellte, dass ein zu Spirometer II gehöriger Schlauch nicht dicht war. Darum sind alle Angaben des Spirometer II verworfen. Auch die Kohlensäure habe ich verworfen, wiewohl der Fehler, der ihr anhaftet, sehr wahrscheinlich nicht in Betracht kommt.

Ich zähle die einzelnen Versuche hier, wie sie ursprünglich angestellt wurden als 1, 3, 5, 7 etc., weil immer mit Spirometer I ausgeführt, der mit Spirometer II ja alternirt.

Versuch I.

Anfang des Versuches 10 Uhr 45 Minuten.

Zeit	10 Uhr 45 Min.	50	55	11 Uhr	5
Temperatur des Thieres in ° C.	40,3	40,5	40,7	40,9	41,1
Temperatur des Bades . . .	41,5	41,5	41,0	41,8	41,2

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

a) Anfangsvolum im Spirometer I. . . . . = 776,58 ccm
Temperatur . . . . = 6,0° C.
Druck . . . . . . = 747,4 mm
Reducirtes Anfangsvolum (0° C. und 0,76 m) . . . = 747,3 ccm

b) Endvolum . . . . = 400,0 „
Temperatur . . . . = 6,6° C.
Druck . . . . . . = 747,1 mm
Reducirtes Endvolum (0° C. und 0,76 m) . . . . . = 383,9 ccm
Also verbrauchter Sauerstoff reducirt . . . . . . = 363,4 „
Hieraus folgt für 1 Kilo Thier und eine Stunde ein Sauerstoffverbrauch von:

609,0 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

40,7° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:

682,1 ccm.

In dem Zeitraume zwischen Versuch I und III geht natürlich die Ventilation im Spirometer II 20 Minuten lang ihren Gang und die Temperatur des Thieres steigt von 41,1 bis 41,6° C.

Versuch III.

Anfang des Versuches 11 Uhr 25 Minuten.

Zeit	11 Uhr 25 Min.	30	35	40	45
Temperatur des Thieres in ° C.	41,6	41,7	41,8	41,9	41,9
Temperatur des Bades . . .	41,2	41,7	41,0	40,8	40,5

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

Temperatur und Druck am Anfange und Ende dieses Versuches gleich Deshalb Reduction der Volumdifferenz:

a) Anfangsvolum . . . . = 767,98 ccm
b) Endvolum . . . . = 337,12 „
Verbrauchter Sauerstoff . . . . = 430,96 ccm
Temperatur . . . . = 17,0° C.
Druck . . . . = 746,9 mm

Also verbrauchter Sauerstoff reducirt auf 0° C. und 0,76 m = 412,9 ccm

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

692,0 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

41,8° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:

597,1 ccm.

Zwischen Versuch III und V geht die Ventilation des Thieres an Spirometer II unverändert weiter, während die Temperatur des Thieres in diesen 20 Minuten von 41,9 auf 41,6 sinkt.

Versuch V.

Anfang des Versuchs 12 Uhr 5 Minuten.

Zeit	12 Uhr 5 Min.	10	15	20	25
Temperatur des Thieres in ° C.	41,6	41,4	40,8	40,2	39,7
Temperatur des Bades . . .	Thier aus dem Bad gehoben. Luft des Laboratoriums = 7,8° C.		Wieder ins Bad von 37,5°	37,2	36,8

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauchs

a. Anfangsvolum des Sauerstoffs . . . . = 760,16 ccm
Temperatur . . . . = 7,3° C.
Druck . . . . = 746,8 mm

Auf 0° und 760 m reducirtes Anfangsvolum . . . = 727,5 ccm

b. Endvolum des Sauerstoffs . . . . = 377,69 „
Temperatur . . . . = 7,8° C.
Druck . . . . = 746,5 mm

Auf 0° und 0,76 m reducirtes Endvolum . . . = 360,7 ccm
Also verbrauchter Sauerstoff . . . . = 366,8 „
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

641,7 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres betrug:

40,7 ° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:

587,0 ccm.

Versuch VII.

Für den Zwischenraum zwischen Versuch V und VII gilt, was für die bezüglichen Zwischenräume bereits früher gesagt wurde.

Anfang des Versuches 12 Uhr 45 Minuten.

Zeit	12 Uhr 45 Min.	50	55	1 Uhr	5
Temperatur des Thieres in ° C.	38,9	39,1	39,1	39,1	39,1
Temp. des Bades	39,3	38,5	38,3	38,0	39,0

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

a) Anfangsvolum des Sauerstoffs . . . . = 758,6 ccm
Temperatur . . . . = 8,2° C.
Druck . . . . . . = 746,3 mm
Auf 0° und 0,76 m reducirtes Anfangsvolum . . . = 723,2 ccm
b) Endvolum des Sauerstoffs . . . . = 418,18 „
Temperatur . . . . = 7,5° C.
Druck . . . . . . = 746,7 mm
Auf 0° C. und 0,76 m reducirtes Endvolum . . . = 399,9 ccm
Also verbrauchter Sauerstoff (reducirt) . . . . . = 323,3 „
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

541,8 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

39,1° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:

483,7 ccm.

Tabelle der Serie XVIII.

Nummer des Versuchs	Sauerstoffverbrauch pro Kilo und 1 Stunde in ccm auf 0° C. und 0,76 M. reduc.	Temp. des Thieres eventuell mittlere in ° C.	Angabe der Grenzen, zwischen denen die Temperatur des Thieres schwankte	Kohlensäureausscheidung in ccm (0° C. und 0,76 M.) pro Stunde und 1 Kilo Thier	Dauer des Versuchs in Minuten
1.	609,0	40,7	Temp. steigt v. 40,3 auf 41,1° C.	(682,1)	20
3.	692,0	41,8	steigt von 41,6 auf 41,9°	597,1	20
5.	614,7	40,7	sinkt von 41,6 auf 39,7°	537,0	20
7.	541,8	39,1	constant	483,7	20

XIX. Serie. (22. Dec.)

Unversehrtes äusserst kräftiges Kaninchen von 1580 gr Gewicht. Spirometer II ist undicht. Alle mit ihm ausgeführten Versuche sind verworfen.

Versuch I.

Anfang des Versuches 3 Uhr 5 Minuten.

Zeit	3 Uhr 5 Min.	10	15	20	25
Temperatur des Thieres in ° C.	40,2	40,35	40,5	40,7	40,8
Temperatur des Bades . . .	40,5	40,0	41,0	41,8	41,5

I. Anfang und Ende des Versuches ergaben für die Gasanalyse gleiche Temperatur und Druck. Darum Reduction der abgelesenen Volumdifferenz.

Anfangsvolum des Sauerstoffs . . . . = 742,97 ccm
Endvolum „ „ . . . . = 269,40 „
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 473,57 „
Temperatur . . . . = 10,0° C.
Druck . . . . = 745,17 mm

Also verbrauchter Sauerstoff (reducirt auf 0° C. und 0,76 m) . . . . = 447,9 ccm

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo Thier und 1 Stunde:
878,2 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:
40,5° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:
878,2° C.

Merkwürdiger Zufall: absolute Gleichheit von Sauerstoff und Kohlensäure!

Versuch III.

Anfang des Versuches 3 Uhr 45 Minuten.

Zeit	3 Uhr 45 Min.	50	55	4 Uhr	5
Temperatur des Thieres in ° C.	41,0	40,95	40,9	40,7	40,7
Temperatur des Bades . . .	41,0		40,2	41,5	41,0

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

a. Aufangsvolum des Sauerstoffs . . . . = 750,79 ccm
Temperatur . . . . = 10,2° C.
Druck . . . . = 745,04 mm

Anfangsvolum reducirt auf 0° C. und 0,76 m . . . = 709,5 ccm

b. Endvolum des Sauerstoffs . . . . = 279,11 „
Temperatur . . . . = 10,7° C.
Druck . . . . = 744,73 mm

Endvolum reducirt auf 0° C. und 0,76 m . . . . . . = 263,2 ccm
Also Sauerstoffverbrauch (0° und 0,76 m) . . . . = 446,3 „
Also Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde:
875,1 ccm.
Die mittlere Temperatur des Thieres war:
40,8° C.
II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:
761,7 ccm.

Versuch V.

Anfang des Versuches 4 Uhr 25 Minuten.

Zeit	4 Uhr 25 M.	30	35	40	45
Temperatur des Thieres in ° C.	40,4	39,4	38,7	38	37,9
Temperatur des Bades . . .	40	Thier aus dem Bad gehoben.	Wieders in das Bad von 38°.	38,5	38,2

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.
Druck und Temperatur zu Anfang und Ende des Versuches gleich.
Darum Reduction der Volumdifferenz:
Verbrauchter Sauerstoff . . . . = 390,14 ccm
Temperatur . . . . = 11,7° C.
Druck . . . . = 744,08 mm
Verbrauchter Sauerstoff auf 0° C. und 0,76 m reducirt = 366,3 ccm
Also Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier und Stunde:
718,2 ccm.
Die mittlere Temperatur des Thieres war:
38,8° C.
II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:
662,5 ccm.

Versuch VII.

Anfang des Versuches 5 Uhr 5 Minuten.

Zeit	5 Uhr 5 Min.	10	15	20	25
Temperatur des Thieres in ° C.	38,0		37,9		38,0
Temperatur des Bades . . .	38,0		38,7		38,0

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauchs.
Druck und Temperatur zu Anfang und Ende des Versuches gleich.
Darum Reduction der Volumdifferenz:
Anfangsvolum des Sauerstoffs . . . . = 730,47 ccm
Endvolum „ „ . . . . = 391,54 „
Also verbrauchter Sauerstoff . . . . = 338,93 „

Temperatur . . . . = 12,0° C.
Druck . . . . . . = 743,87 mm

Verbrauchter Sauerstoff auf 0° C. und 0,76 m reducirt = 317,8 ccm

Also Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde:

623,1 ccm.

Die Temperatur des Thieres war:

38,0° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:

565,1 ccm.

Versuch IX.

Anfang des Versuches 5 Uhr 35 Minuten.

Zeit	5 Uhr 35 Min.	40	45	50	55
Temperatur des Thieres in ° C.	37,9		37,6		37,5
Temperatur des Bades . . .	37,8		37,0		36,0

Das Thier ist vollkommen apnoisch.

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

Druck und Temperatur zu Anfang und Ende gleich und gleich dem Werth in Versuch IV.

Also: Anfangsvolum des Sauerstoffs . . . . = 735,16 ccm
Endvolum " " . . . . = 403,03 "
Also verbrauchter Sauerstoff . . . . = 332,13 "
Verbrauchter Sauerstoff auf 0° C. und 0,76 m reducirt = 311,4 "

Also Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo Thier und Stunde:

610,6 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

37,6° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:

533,8 ccm.

Tabelle der Serie XIX.

Nummer des Versuchs	Sauerstoffverbrauch in ccm auf 0 ° C. und 0,76 M. reduc., für 1 Kilo Thier und 1 Stunde	Temp. des Thieres eventuell mittlere in ° C.	Angabe der Grenzen, zwischen denen die Temperatur des Thieres schwankte	Kohlensäureausscheidung auf 0° C. und 0,76 M. reducirt pro 1 Kilo Thier und 1 Stunde	Dauer des einzelnen Versuchs in Minuten
1.	878,2	40,5	Temp. steigt v. 40,2 bis 40,8°	(878,2)	20
3.	875,1	40,8	sinkt von 41,0 auf 40,7°	761,7	20
5.	718,2	38,8	sinkt von 40,4 auf 37,9°	662,5	20
7.	623,1	38,0	Constant	565,1	20
9.	610,6	37,6	sinkt von 37,9 auf 37,5°	533,8	20

XX. Serie. (6. Jan. 1876.)

Sehr schwächliches Kaninchen von 1220 gr.

Versuch I.

Anfang des Versuches 10 Uhr 15 Minuten.

Zeit	10 Uhr 15 Min.	20	25	30	35
Temperatur des Thieres in °C.	37,4	37,5	37,9	38,2	38,4
Temperatur des Bades . . .	37,5	37,0	39,5	39,0	38,5

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

a) Sauerstoffvolum am Anfange des Versuches . . . . = 809,95 ccm
Druck . . . . . . = 759,2 mm
Temperatur . . . . = 5,4° C.
Auf 0° und 0,76 m reducirt . . . . = 793,4 ccm
b) Sauerstoffrest . . . . = 538,28 „
Druck . . . . . . = 758,6 mm
Temperatur . . . . = 6,6° C.
Auf 0° und 760 m reducirt . . . . = 524,6 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 268,8 „
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:
660,9 ccm.
Die mittlere Temperatur des Thieres war:
37,9 ° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:
771,1 ccm.

Versuch II.

Anfang des Versuches 10 Uhr 35 Minuten.

Zeit	10 Uhr 35 Min.	40	45	50	55
Temperatur des Thieres in °C.	38,4	38,2	38,3	38,4	38,5
Temperatur des Bades . . .	38,5	38,0	39,3	38,9	38,5

I. Die Bestimmung des Sauerstoffverbrauches

a) Anfangsvolum des Sauerstoffs . . . . = 986,33 ccm
Druck . . . . . . = 759,2 mm
Temperatur . . . . = 5,4° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 966,2 ccm
b) Sauerstoffrest . . . . = 702,81 „
Druck . . . . . . = 758,4 mm
Temperatur . . . . = 7,0° C.

Auf 0° und 0,76 m reducirt . . . . = 683,8 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 282,4 „
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:
694,4 ccm.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:
747,6 ccm.
Die mittlere Temperatur des Thieres war:
38,4° C.

Versuch III.

Anfang des Versuches 10 Uhr 55 Minuten.

Zeit	10 Uhr 55 Min.	11 Uhr	5	10	15
Temperatur des Thieres in ° C.	38,5	38,6	38,8	38,9	39,0
Temperatur des Bades . . .	39,5	39,3	38,5	39,5	39,1

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.
Druck und Temperatur am Anfang und Ende des Versuches gleich.
Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 334,62 ccm
Druck . . . . . . = 758,5 mm
Temperatur . . . . = 6,9° C.
Reducirt . . . . = 325,8 ccm
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:
801,1 ccm.
Die mittlere Temperatur des Thieres war:
38,7° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde wurde für Versuch III und IV gemeinsam bestimmt (S. Versuch IV).

Versuch IV.

Anfang des Versuches 11 Uhr 15 Minuten.

Zeit	11 Uhr 15 Min.	20	25	30	35
Temperatur des Thieres in ° C.	39,0	38,9	38,9	39,0	39,1
Temperatur der Bades . . .	39,1	38,5	38,8	39,3	39,0

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches
Rechnungsbedingungen wie Versuch III.
Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 335,06 ccm
Reducirtes Sauerstoffvolum . . . . = 326,2 „
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:
802,1 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

39,0° C.

II. Der Mittelwerth der Kohlensäureausscheidung in Versuch III und IV betrug pro Kilo und Stunde:

742,8 ccm.

Versuch V.

Anfang des Versuches 11 Uhr 35 Minuten.

Zeit	11 Uhr 35 Min.	40	45	50	55
Temperatur des Thieres in ° C.	39,1	39,3	39,7	40,2	40,6
Temperatur des Bades . . .	39,0	42,5	42,0	42,0	41,5

Zittern des Thorax wie von Frostgefühl.

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

a) Sauerstoffvolum am Anfang des Versuches . . . . = 782,83 ccm
Druck . . . . . . = 758,5 mm
Temperatur . . . . = 6,9° C.
Auf 0° und 0,76 m reducirt . . . . = 762,3 ccm
b) Sauerstoffrest . . . . = 448,48 „
Druck . . . . . . = 758,25 mm
Temperatur . . . . = 7,3° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 435,8 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 326,5 „

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

802,8 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

39,7° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:

768,4 ccm.

Versuch VI.

Anfang des Versuches 11 Uhr 55 Minuten.

Zeit	11 Uhr 55 Min.	12 Uhr	5	10	15
Temperatur des Thieres in ° C.	40,6	40,7	40,9	41,1	41,3
Temperatur des Bades . . .	41,5	40,7	42,5	42,0	41,5

Das Thier hat die heftigste Dyspnoë. Da die Section keinen Grund ergibt und die Ventilation untadelhaft ist, was die Erweiterung des Thorax beweist, muss eine Subparalyse des Herzens angenommen werden. Es wird deshalb von einer Verfolgung des Versuches abgestanden. Gleichwohl ergibt sich verstärkte Oxydation durch die erhöhte Temperatur.

I. **Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.**

a) **Sauerstoffvolum am Anfange des Versuches** . . . . = 925,35 ccm
Druck . . . . = 758,31 mm
Temperatur . . . . = 7,2° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 900,0 ccm

b) **Sauerstoffrest** . . . . = 562,51 „
Druck . . . . = 758,36 mm
Temperatur . . . . = 7,1° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 747,1 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 352,9 ccm
Also Sauerstoffverbrauch pro 1 Kilo und 1 Stunde:
867,8 ccm.
Die mittlere Temperatur des Thieres war:
40,9° C.

II. **Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:**
834,0 ccm.

Tabelle der Serie XX.

Nummer des Versuchs	Sauerstoff-verbrauch pro Kilo und Stunde in ccm auf 0° C. und 0,76 M. reducirt	Kohlensäure-ausscheidung pro Kilo und Stunde in ccm auf 0° C. und 0,76 M. reducirt	Mittlere Temp. des Thieres in ano in °C.	Angabe der Grenzen, innerhalb deren die Temperatur des Thieres schwankte	Dauer des Versuchs in Minuten
1.	660,9	(771,1)	37,9	Temp. schwankt zwischen 37,4 und 37,9	20
2.	694,4	747,6	38,4	steigt von 38,4 auf 38,5	20
3.	801,1	742,8 (3.–4.)	38,7	steigt von 38,5 bis 39,0	20
4.	802,1		39,0	schwankt zwischen 38,9 u. 39,1	20
5.	802,8	763,4	39,7	steigt von 39,1 auf 40,6	20
6.	867,8	834,0	40,9	steigt von 40,6 auf 41,3	20

XXI. Serie. (10. Jan.)

Kaninchen von 1370 gr.

Versuch I.

Anfang des Versuches 11 Uhr 5 Minuten.

Zeit	11 Uhr 5 Min.	10	15	20	25
Temperatur des Thieres in °C.	38,5	38,6	38,55	38,5	38,5
Temperatur des Bades . . .	38,3	37,5	37,5	38,5	38,0

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches (Spirom. I):

Druck und Temperatur zu Anfang und Ende des Versuches unverändert. Darum Reduction des

Verschwundenen Sauerstoffvolums . . . . = 354,68 ccm
Druck . . . . = 755,1 mm
Temperatur . . . . = 2,4° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 349,3 ccm

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

764,9 ccm.

Die Temperatur des Thieres war:

38,5° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:

592,1 ccm.

Versuch II.

Anfang des Versuches 11 Uhr 25 Minuten.

Zeit	11 Uhr 25 Min.	30	35	40	45
Temperatur des Thieres in °C.	38,5	38,5	38,6	38,6	38,6
Temperatur des Bades . . .	38,0	37,7	38,5	38,3	38,0

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches (Spirom. II):

a) Sauerstoffvolum am Anfange des Versuches . . . . = 761,67 ccm
Druck . . . . = 755,2 mm
Temperatur . . . . = 2,0° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 751,4 ccm

b) Sauerstoffrest . . . . = 424,39 „
Druck . . . . = 755,0 mm
Temperatur . . . . = 2,6° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 417,6 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 333,8 „

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

780,9 ccm.

Die Temperatur des Thieres war:

38,6° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung wird für Versuch II, III und IV gemeinsam bestimmt.

Versuch III.

Anfang des Versuches 11 Uhr 45 Minuten.

Zeit	11 Uhr 45 Min.	50	55	12 Uhr	5
Temperatur des Thieres in °C.	38,6	38,6	38,7	38,7	38,8
Temp. des Bades	37,7	39,5	38,5	38,3	37,7

I. Die Bestimmung des Sauerstoffverbrauches (Spirom. I):
Druck und Temperatur am Anfang und Ende des Versuches unverändert.

Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 356,94 ccm
Druck . . . . = 755,0 mm
Temperatur . . . . = 2,6° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 351,3 ccm
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:
769,2 ccm.
Die Temperatur des Thieres war:
38,7° C.

Versuch IV.

Anfang des Versuches 12 Uhr 5 Minuten.

Zeit	12 Uhr 5 Min.	10	15	20	25
Temperatur des Thieres in °C.	38,8	38,6	38,6	38,6	38,5
Temperatur des Bades . . .	37,7	37,5	37,0	39,5	38,5

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches (Spirom. II):
a) Sauerstoffvolum am Anfange des Versuches . . . . = 777,36 ccm
Druck . . . . . . = 755,0 mm
Temperatur . . . . = 2,6° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 765,0 ccm
b) Sauerstoffrest . . . . = 444,52 „
Druck . . . . . . = 754,8 mm
Temperatur . . . . = 3,0° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 436,7 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 328,3 „
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:
718,9 ccm.
Die Temperatur des Thieres war:
38,6° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde für Versuch II, III und IV betrug:
670,1 ccm.

Vers. V.

Anfang des Versuches 12 Uhr 25 Minuten.

Zeit	12 Uhr 25 Min.	30	35	40	45
Temperatur des Thieres in °C.	38,5	38,6	39,3	39,5	39,7
Temperatur des Bades . . .	38,5	42,0	41,0	40,5	40,0

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches (Spirom. I):

Druck und Temperatur am Anfang und Ende des Versuches unverändert.

Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 370,04 ccm
Druck . . . . = 754,8 mm
Temperatur . . . . = 3,0° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 363,5 ccm

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

796,0 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres betrug:

39,1° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung siehe bei Versuch VI.

Versuch VI.

Anfang des Versuches 12 Uhr 45 Minuten.

Zeit	12 Uhr 45 Min.	50	55	1 Uhr	5
Temperatur des Thieres in °C.	39,7	39,8	40,0	40,2	40,3
Temperatur des Bades . . .	40,0	41,0	40,5	40,2	40,5

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches (Spirom. II):

Druck und Temperatur am Anfang und Ende des Versuches unverändert.

Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 355,71 ccm
Druck . . . . = 754,7 mm
Temperatur . . . . = 3,4° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 348,9 ccm

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

764,0 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

40,0° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde für Versuch V und VI betrug:

715,9 ccm.

Versuch VII.

Anfang des Versuches 1 Uhr 5 Minuten.

Zeit	1 Uhr 5 Min.	10	15	20	25
Temperatur des Thieres in °C.	40,3	40,3	40,3	40,4	40,5
Temperatur des Bades . . .	40,5	40,3	41,5	40,8	40,5

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches (Spirom. I):

Druck und Temperatur am Anfang und Ende des Versuches unverändert.

Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 348,55 ccm

Druck und Temperatur wie bei Versuch VI.

Reducirt auf 0° C. und 0,76 m . . . . = 341,9 ccm
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:
748,6 ccm.
Die mittlere Temperatur des Thieres war:
40,3° C.

II. Kohlensäure siehe bei Versuch IX.

Versuch VIII.
Anfang des Versuches 1 Uhr 25 Minuten.

Zeit	1 Uhr 25 Min.	30	35	40	45
Temperatur des Thieres in ° C.	40,5	40,4	40,4	40,5	40,6
Temperatur des Bades . . .	40,5	39,9	41,0	40,7	40,5

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches (Spirom. II):
Druck und Temperatur am Anfang und Ende des Versuches unverändert.
Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 385,73 ccm
Druck . . . . = 754,6 mm
Temperatur . . . . = 3,5° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 378,2 ccm
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:
828,2 ccm.
Die mittlere Temperatur des Thieres war:
40,5° C.

II. Kohlensäure siehe bei Versuch IX.

Versuch IX.
Anfang des Versuches 1 Uhr 45 Minuten.

Zeit	1 Uhr 45 Min.	50	55	2 Uhr	5
Temperatur des Thieres in ° C.	40,6	40,5	40,5	40,4	40,3
Temperatur des Bades . . .	40,5	40,5	40,0		38,6

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches (Spirom. I):
Rechnungsbedingungen wie bei Versuch VIII.
Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 376,27 ccm
Reducirtes „ . . . . = 368,9 „
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:
807,8 ccm.
Die mittlere Temperatur des Thieres war:
40,5° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung (Mittel aus Versuch VII, VIII und IX) betrug pro Kilo und Stunde:
826,2 ccm.

Versuch X.

Anfang des Versuches 2 Uhr 5 Minuten.

Zeit	2 Uhr 5 M.	10	15	20	25
Temperatur des Thieres in ° C.	40,3	39,6	38,6	37,9	37,6
Temperatur des Bades . . .	Thier aus dem Bad an die Luft von 8,5° C.		Wieder ins Bad von 38,2.		37,6

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches (Spirom. II):

Rechnungsbedingungen genau wie bei Versuch IX und VIII.

Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 324,74 ccm

Reducirtes " . . . . = 318,4 "

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

697,2 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

38,6° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:

677,8 ccm.

Versuch XI.

Anfang des Versuches 2 Uhr 25 Minuten.

Zeit	2 Uhr 25 Min.	30	35	40	45
Temperatur des Thieres in ° C.	37,6	37,5	37,4	37,5	37,5
Temperatur des Bades . . .	37,1	36,5	37,4	36,0	35,7

Thier ist ganz apnoisch.

Bestimmung des Sauerstoffverbrauches (Spirom. I):

Rechnungsbedingungen genau wie bei den vorhergehenden Versuchen.

Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 298,56 ccm

Reducirtes " . . . . = 292,7 "

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

640,9 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

37,5° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung betrug pro Kilo und Stunde;

658,8 ccm.

Tabelle zu Serie XXI.

Nummer des Versuchs	Sauerstoffverbrauch pro Kilo u. Stunde in ccm (0° u. 0,76 M.) für jeden einzelnen Versuch	Sauerstoffverbrauch pro Kilo u. Stunde in ccm (0° u. 0,76 M.) im Mittel für längere Zeiträume	Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde in ccm (0° u. 0,76 M.) oft Mittel für längere Zeiträume	Mittlere. Temp. des Thieres, in ano in ° C.	Angabe der Grenzen, in denen die Temperatur des Thieres schwankt	Dauer d. einzelnen Versuches Minuten
1.	764,9	747,9	592,1	38,5	Fast constant	20
2.	730,9			38,6	Ebenso	20
3.	769,2	744,0	670,1	38,7	Ebenso	20
4.	718,9			38,6	Ebenso	20
5.	796,0			39,1	Temp. steigt v. 38,5 bis 39,7;	20
6.	764,0	780,0	715,9	40,0	steigt von 39,7 bis 40,3	20
7.	748,6			40,3	steigt von 40,3 bis 40,5	20
8.	828,2	794,9	826,2	40,5	Fast constant	20
9.	807,8			40,5		
10.	697,2		677,8	38,6	Temp. sinkt von 40,3 auf 37,6	20
11.	640,9		653,8	37,5	Fast constant	20

XXII. Serie. (13. Jan.)

Kaninchen von 1230 gr.

Versuch I.

Anfang des Versuches 10 Uhr 45 Minuten.

Zeit	12 Uhr 45 M.	50	55	11 Uhr	4
Temperatur des Thieres in ° C.	39,0	39,1	39,1	39,1	39,2
Temperatur des Bades . . .	40,0	39,8	39,2	38,9	39,5

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches (Spirom. I):

a. Sauerstoffvolum am Anfange des Versuches . . . . = 749,22 ccm
Druck . . . . = 753,7 mm
Temperatur . . . . = 3,4° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 733,9 ccm

b. Sauerstoffrest . . . . = 474,68 „
Druck . . . . = 753,4 mm
Temperatur . . . . = 4,0° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 463,7 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 270,2 „

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

698,6 ccm.

Die Temperatur des Thieres war:

39,1° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung betrug pro Kilo und Stunde:

757,1 ccm.

Versuch II.

Anfang des Versuches 11 Uhr 4 Minuten.

Zeit	11 Uhr 4 Min.	10	15	20	25
Temperatur des Thieres in ° C.	39,2	39,2	39,15	39,2	39,2
Temperatur des Bades . . .	39,5	38,9	38,8	39,8	39,2

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches (Spirom. II):

a. Sauerstoffvolum am Anfange des Versuches . . . . . = 764,6 ccm
Druck . . . . = 758,7 mm
Temperatur . . . . = 3,4° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 748,9 ccm
b. Sauerstoffrest . . . . = 441,62 „
Druck . . . . = 753,4 mm
Temperatur . . . . = 4,0° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 431,5 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 317,4 „

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

787,0 ccm.

Die Temperatur des Thieres war:

39,2° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung wird für Versuch II und III gemeinsam bestimmt und bei Versuch III angegeben.

Versuch III.

Anfang des Versuches 11 Uhr 25 Minuten.

Zeit	11 Uhr 25 M.	30	35	40	45	50
Temperatur des Thieres in ° C.	39,2	39,15	39,2	39,2	39,2	39,3
Temperatur des Bades . . .	39,2	38,5	39,0	38,9	38,9	39,8

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches (Spirom. I):

Druck und Temperatur am Anfange und Ende des Versuches gleich; darum Reduction des Volums des verschwundenen Sauerstoffs.

Dessen Volum . . . . = 371,0 ccm
Druck . . . . = 753,4 mm
Temperatur . . . . = 4,0° C.

Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 362,6 ccm
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

707,5 ccm.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug, wie bei Combination von Versuch II und III:

707,7 ccm.

Die Temperatur des Thieres war:

39,2° C.

Versuch IV.

Anfang des Versuches 11 Uhr 50 Minuten.

Zeit	11 Uhr 50 M.	55	12 Uhr	5	10
Temperatur des Thieres in ° C.	39,3	39,4	39,4	39,5	39,7
Temperatur des Bades . . .	39,8	39,5	40,2	42,0	41

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches (Spirom. II):
Rechnungsbedingungen wie bei Versuch III.
Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 317,17 ccm
Reducirtes Sauerstoffvolum . . . . = 309,9 „
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

755,8 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

39,4° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung ist gemeinsam für Versuch IV und V bebestimmt (s. Versuch V).

Versuch V.

Anfang des Versuches 12 Uhr 10 Minuten.

Zeit	12 Uhr 10 M.	15	20	25	30
Temperatur des Thieres in ° C.	39,7	39,8	40,3	40,3	40,4
Temperatur des Bades . . .	41,0	40,8	41,2	41,0	40,5

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches (Spirom. I):
a. Sauerstoffvolum am Anfange des Versuches . . . . = 764,85 ccm
Rechnungsbedingungen wie bei Versuch IV.
Reducirtes Volum . . . . = 747,3 ccm
b. Sauerstoffrest . . . . = 450 „
Druck . . . . = 753,1 mm
Temperatur . . . . = 4,8° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 438,2 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 309,1 „

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

758,9 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

40,1° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde für Versuch IV und V betrug:

711,2 ccm.

Versuch VI.

Anfang des Versuches 12 Uhr 30 Minuten.

Zeit	12 Uhr 30 Min.	35	40	45	50
Temperatur des Thieres in ° C.	40,4	40,5	40,5	40,6	40,8
Temperatur des Bades . . .	40,5	41,0	40,8	42,0	41,2

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches (Spirom. II):

Druck und Temperatur am Anfang und Ende des Versuches gleich. Darum Reduction des

Verschwundenen Sauerstoffvolums . . . . = 319,81 ccm
Druck . . . . . . = 753,0 mm
Temperatur . . . . = 5,0° C.
Auf 0° C. und 076 m reducirt . . . . = 311,2 ccm

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

759,0 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

40,5° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung wird für Versuch VI und VII gemeinsam bestimmt (s. Vers. VII).

Versuch VII.

Anfang des Versuches 12 Uhr 50 Minuten.

Zeit	12 Uhr 50 M.	55	1 Uhr	5	10
Temperatur des Thieres in ° C.	40,8	40,8	40,9	40,9	40,9
Temperatur des Bades . . .	41,2	40,8	40,5	41,5	41

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

Rechnungsbedingungen wie bei Versuch VI.

Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 318,84 ccm
Reducirtes „ . . . . = 310,2 „

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

756,6 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

40,9° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde für Versuch VI und VII betrug:

756,8 ccm.

Versuch VIII.

Anfang des Versuches 1 Uhr 10 Minuten.

Zeit	1 Uhr 10 Min.	15	20	25	30
Temperatur des Thieres in ° C.	40,9	40,9	40,95	41,0	41,1
Temperatur des Bades . . .	41,0	40,5	40,5	41,2	42,2

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches (Spirom. II):

Druck und Temperatur am Anfang und Ende des Versuches unverändert. Deshalb Reduction des

Verschwundenen Sauerstoffvolumens . . . . = 341,87 ccm
Druck . . . . = 752,9 mm
Temperatur . . . . = 5,2° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 332,4 ccm

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

810,7 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

40,95° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung ist für Versuch VIII und IX gemeinsam bestimmt (s. Versuch IX).

Versuch IX.

Anfang des Versuches 1 Uhr 30 Minuten.

Zeit	1 Uhr 30 Min.	35	40	45	50
Temperatur des Thieres in ° C.	41,1	41,2	41,2	41,2	41,2
Temperatur des Bades . . .	41,0	41,5	41,0	40,8	40,5

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches (Spirom. I):

Rechnungsbedingungen wie bei Versuch VIII. Darum Reduction des

Verschwundenen Sauerstoffvolumens . . . . = 337,84 ccm
Reducirtes " . . . . = 328,4 "

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

801,0 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

41,2° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde für Versuch VIII und IX betrug:

750,0 ccm.

Versuch X.

Anfang des Versuches 1 Uhr 50 Minuten.

Zeit	1 Uhr 50 Min.	55	2 Uhr	5	10
Temperatur des Thieres in ° C.	41,2	40,8	39,4	38,4	38,2
Temperatur des Bades . . .		Thier aus dem Bad.	Um 2 Uhr in's Bad von 39,2.	38,8	38,5

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches (Spirom. II):

Rechnungsbedingungen wie bei Versuch IX. Darum Reduction des

Verschwundenen Sauerstoffvolumens . . . . . . = 325,09 ccm

Reducirtes Sauerstoffvolum . . . . = 316,0 „

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

770,7 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

39,6° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:

707,2 ccm.

Versuch XI.

Anfang des Versuches 2 Uhr 10 Minuten.

Zeit	2 Uhr 10 Min.	15	20	25	30
Temperatur des Thieres in ° C.	38,2	38,1	38,1	38,2	38,3
Temperatur des Bades . . .	38,5	38,0	37,8	38,5	38,5

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches (Spirom. I):

Rechnungsbedingungen wie bei Versuch X. Darum Reduction des

Verschwundenen Sauerstoffvolums . . . . = 325,47 ccm

Reducirtes Sauerstoffvolum . . . . = 316,4 „

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

771,7 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

38,1° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung wird für Versuch XI und XII gemeinsam bestimmt (s. Versuch XII).

Versuch XII.

Anfang des Versuches 2 Uhr 30 Minuten.

Zeit	2 Uhr 30 Min.	35	40	45	50
Temperatur des Thieres in ° C.	38,3	38,3		38,3	38,3
Temperatur des Bades . . .	38,5	38,5		38,6	38,6

I. **Bestimmung des Sauerstoffverbrauches:**

a) Sauerstoffvolum am Anfang des Versuches . . . . = 781,28 ccm
Druck und Temperatur wie bei Versuch XI.
Reducirtes Sauerstoffvolum . . . . = 759,5 ccm

b. Sauerstoffrest . . . . = 480,11 „
Druck . . . . . . = 753,1 mm
Temperatur . . . . = 4,8° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 467,5 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 292,0 „
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

712 ccm.

Die Temperatur des Thieres war:

38,8° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung in Versuch XI und XII betrug pro Kilo und Stunde:

645,3 ccm.

Nachschrift zu dieser Serie:

Es existirt noch ein Versuch XIII zu dieser Serie, auf den wir später zurückkommen.

Tabelle zu Serie XXII.

Nummer des Versuchs	Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde in ccm auf 0° C. und 0,76 M. reducirt	Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde, im Mittel für längere Zeiträume	Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde in ccm auf 0° C. und 0,76 M. reducirt	Mittlere Temp. des Thieres in ano in ° C.	Angabe der Grenzen, in denen die Temperatur des Thieres schwankte	Dauer des einzelne Versuc in Minut
1.	693,6		757,1	39,1	Fast constant	19
2.	737,1	720,4	707,7	39,2	Ebenso	21
3.	707,5			39,2	Ebenso	25
4.	755,8	754,8	711,2	39,4	Temp. steigt von 39,3 auf 39,7	20
5.	753,9			40,1	steigt von 39,7 auf 40,4	20
6.	759,0	757,8	756,3	40,5	steigt von 40,4 auf 40,8	20
7.	756,6			40,9	steigt von 40,8 auf 40,9	20
8.	810,7	805,8	750,0	40,95	steigt von 40,9 bis 41,1	20
9.	801,0.			41,2	Constant	20
10.	770,7		707,2	39,6	sinkt von 41,2 bis 38,2	20
11.	771,7	741,8	645,3	38,1	Fast constant	20
12.	712,0					

Generaltabelle VII.

Oxydation normaler Thiere bei Körpertemperatur. Bedeutung der einzelnen Stäbe wie früher.

Nummer des Versuches	Sauerstoff	Kohlensäure	Temperatur. in recto
Serie XVI 1	578,8 ccm	—	38,5° C.
„ „ 3	491,4 „	590,0 ccm	38,5 „
„ „ 5	605,1 „	532,3 „	39,2 „
„ XVII 1	517,4 „	— „	38,7 „
„ „ 3	623,2 „	627,5 „	38,6 „
„ „ 5	630,6 „	627,5 „	38,4 „
„ „ 7	594,4 „	546,8 „	38,8 „
„ XVIII 7	541,8 „	483,7 „	39,1 „
„ XIX 5	718,2 „	662,5 „	38,8 „
„ „ 7	623,1 „	565,1 „	38,0 „
„ „ 9	610,6 „	533,8 „	37,6 „
„ XX 1	660,9 „	— „	37,9 „
„ „ 2	694,4 „	747,6 „	38,4 „
„ „ 3	801,1 „	742,8 „	38,7 „
„ „ 4	802,1 „	742,8 „	39,0 „
„ XXI 1	764,9 „	592,1 „	33,5 „
„ „ 2	730,9 „	670,1 „	38,6 „
„ „ 3	769,2 „	670,1 „	38,7 „
„ „ 4	718,9 „	670,1 „	38,6 „
„ „ 5	796,0 „	— „	39,1 „
„ „ 10	697,2 „	677,8 „	38,6 „
„ „ 11	640,9 „	653,8 „	37,5 „
„ XXII 1	693,6 „	— „	39,1 „
„ „ 2	737,1 „	707,7 „	39,2 „
„ „ 3	707,5 „	707,7 „	39,2 „
„ „ 4	755,8 „	711,2 „	39,4 „
„ „ 11	771,7 „	645,3 „	38,1 „
Summa:	18276,8 ccm	14108,3 ccm	1042,8° C.
Mittel:	676,9 ccm	641,3 ccm	38,6° C

Respiratorischer Quotient = 0,95.

Aus dieser Generaltabelle ergibt sich eine höchst merkwürdige Thatsache.

Der Mittelrath für den Sauerstoffverbrauch normaler Thiere, die unter denselben Versuchsbedingungen waren, ergibt sich nach den vielen Analysen Finkler's und Oertmann's pro Kilo und Stunde . . . . = 673,21 ccm. Dies Archiv 14. 62.

Nach meinen Analysen aus obiger Tabelle . . . . = 676,90 „

Generaltabelle VIII.

Oxydation bei Thieren mit einer die Norm übersteigenden Temperatur.

Nummer	Sauerstoff	Kohlensäure	Temperatur in recto
Serie XVI$_7$	742,4 ccm	632,5 ccm	40,8° C.
„ $_9$	720,2 „	649,8 „	41,3 „
„ $_{11}$	636,9 „	603,2 „	39,9 „
„ XVII$_9$	690,4 „	648,6 „	40,8 „
„ $_{11}$	692,2 „	— „	39,8 „
„ XVIII$_1$	609,0 „	— „	40,7 „
„ $_3$	692,0 „	597,1 „	41,8 „
„ $_5$	614,7 „	537,0 „	40,7 „
„ XIX$_1$	878,2 „	878,2 „	40,5 „
„ $_3$	875,1 „	761,7 „	40,8 „
„ XX$_5$	802,8 „	763,4 „	39,7 „
„ $_6$	867,8 „	834,0 „	40,9 „
„ XXI$_6$	764,0 „	— „	40,0 „
„ $_7$	748,6 „	{ 826,2 „	40,3 „
„ $_8$	828,2 „	{ 826,2 „	40,5 „
„ $_9$	807,8 „	{ 826,2 „	40,5 „
„ XXII$_5$	753,9 „	711,2 „	40,1 „
„ $_6$	759,0 „	{ 756,3 „	40,5 „
„ $_7$	756,6 „	{ 756,3 „	40,9 „
„ $_8$	810,7 „	{ 750,0 „	40,9 „
„ $_9$	801,0 „	{ 750,0 „	41,2 „
Summe:	15851,5 ccm	13107,9 ccm	852,6° C.
Mittel:	754,8 ccm	728,2 ccm	40,6° C.

Respiratorischer Quotient = 0,96.

Also Sauerstoffverbrauch bei 40,6° C. = 754,8 ccm
„ „ „ 38,6° C. = 676,9 ccm

Also Zunahme für . . . . 2° C. = 77,9 ccm
„ „ „ . . . . 1° C. = 38,9 ccm oder 5,7 %

Kohlensäureproduction bei 40,6° C. . = 728,2 ccm
„ „ „ 38,6° C. . = 641,3 ccm

Also Zunahme für . . . 2,0° C. . = 86,9 ccm
„ „ „ . . . 1,0° C. . = 43,4 ccm oder 6,8 %

Es bleibt uns nunmehr die Besprechung der beiden letzten Serien, deren jede aus neun Veruchen besteht, die hintereinander an demselben Thiere angestellt worden sind. Die Normaltemperatur wurde durch Abkühlung des Bades allmählig herabgedrückt.

Serie XXIII zeigt, dass anfänglich eine geringe Tendenz zum Sinken der Oxydationsprocesse vorhanden ist; sobald aber die Temperatur des Thieres auf 38,1° gesunken, beginnt bereits eine deutliche Steigerung der Oxydationsprocesse, welche sich erhält bis die fortwährend herabgehende Temperatur den Werth von 34,3 in recto ergibt. Die Verringerung der Oxydationsprocesse ist bei 26,1° in recto unzweifelhaft und bei 22,4 sehr stark. In letzterem Falle ist der Normalwerth der Oxydationsenergie fast auf die Hälfte verkleinert. Für den Sauerstoff zeigt sich die Abnahme wieder viel grösser als für die Kohlensäure.

Serie XXIV zeigt abermals beim Sinken der Temperatur des Körpers von 38,8 bis 25,6 unter die Norm zuerst eine beträchtliche Zunahme, dann aber beim weiteren Sinken von 25,6 auf 21,4° eine colossale Abnahme, dann wieder beim Steigen von 21,4° bis 26,5° eine die Norm nicht erreichende Steigerung, bei weiterem Steigen von 26,5° auf 32,6° eine weitere die Norm überschreitende Steigerung, bei weiterem Steigen von 32,6 auf 35,6 wieder ein Herabsinken zur und etwas unter die Norm, ebenso bei weiterer Steigerung von 35,6 auf 36,8°.

Daraus folgt also, dass bei den normalen Thieren eine Abkühlung des Körperinneren um 8—10° nicht allein nicht im Stande ist die Oxydationsprocesse herabzudrücken, sondern im Gegentheile sie über die normale Höhe treibt. Das heftige Zittern des Thieres bezeugt, dass hier die regulatorische Steigerung der Oxydation durch die Innervation vorliegt.

Sinkt aber die Temperatur des Thieres unter ungefähr 28 bis 26°, so vermag die Innervation die Wirkung der Kälte nicht mehr zu compensiren. Es tritt die Abnahme der Oxydationsprocesse durch die Abkühlung des Körpers deutlich hervor.

Einfach erklären sich diese Serien aus der Gegenwirkung zweier antagonistischen Principe, von denen das eine: die Innervation die Oxydation zu steigern, das andere: die Kälte, sie herabzudrücken bestrebt ist.

Als Beleg folgen die beiden Serien XXIII und XXIV.

XXIII. Serie. (15. Jan.)

Kanininchen von 1400 gr.

Versuch I.

Anfang des Versuches 10 Uhr 40 Minuten.

Zeit	10 Uhr 40 Min.	45	50	55	11 Uhr
Temperatur des Thieres in ° C.	39,1	39,1	39,2	39,3	39,3
Temperatur des Bades . . .	39,0	38,6	39,0	38,8	37,8

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

a) Volum des Sauerstoffs am Anfange des Versuches . = 764,08 ccm
Druck . . . . = 763,6 mm
Temperatur . . . . = 3,1° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 759,1 ccm

b) Volum des Sauerstoffs am Ende des Versuches . . = 375,38 „
Druck . . . . = 763,53 mm
Temperatur . . . . = 3,7° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 372,1 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 387,0 „

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:
829,3 ccm.

Die Temperatur des Thieres war:
39,2° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung betrug pro Kilo und Stunde:
859,6 ccm.

Versuch II.

Anfang des Versuches 11 Uhr.

Zeit	11 Uhr	5	10	15	20
Temperatur des Thieres in ° C.	39,3	39,2	39,1	39,3	39,2
Temperatur des Bades . . .	37,8	37,5	38,2	39,5	39

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

a) Sauerstoffvolum am Anfange des Versuches . . . . . = 761,67 ccm
Druck . . . . = 763,77 mm
Temperatur . . . . = 3,1° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 756,9 ccm

b) Sauerstoffvolum am Ende des Versuches . . . . . . = 390,54 „
Druck . . . . = 763,3 mm
Temperatur . . . . = 4,3° C.

Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 386,2 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 370,7 „
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

794,3 ccm.

Die Temperatur des Thieres war:

39,2° C.

II. Die Kohlensäure ist für Versuch II und III gemeinsam bestimmt. (Siehe Versuch III.)

Versuch III.

Anfang des Versuches 11 Uhr 20 Minuten.

Zeit	11 Uhr 20 Min.	25	30	35	40
Temperatur des Thieres in ° C.	39,2	—	38,8	38,6	38,3
Temperatur des Bades . . .	39,0	—	37,5	37	36,8

Das Thier ist vollkommen apnoisch.

I Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

Druck und Temperatur am Anfang und Ende des Versuches unverändert.
Darum directe Reduction des verschwundenen Volums:

Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 348,56 ccm
Druck . . . . = 763,00 mm
Temperatur . . . . . = 4,5° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 344,3 ccm
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

787,7 ccm.

Die Temperatur des Thieres war:

38,8° C.

II. Die Kohlensäureauscheidung in Versuch II und III betrug pro Kilo und Stunde:

691,0 ccm.

Versuch IV.

Anfang des Versuches 11 Uhr 40 Minuten.

Zeit	11 Uhr 40 Min.	45	50	55	12 Uhr
Temperatur des Thieres in ° C.	38,3	38,2	38,1	38,0	37,8
Temperatur des Bades . . .	36,8	36,2	36	35	34,8

Das Thier fängt, als Bad auf 35° C. gesunken war, zu zappeln an.

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

a) Sauerstoffvolum am Anfange des Versuches . . . . = 764,6 ccm
Druck . . . . = 763,0 mm
Temperatur . . . . = 4,5° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 755,2 ccm
b) Sauerstoffrest . . . . = 405,26 „
Druck . . . . = 763,08 mm
Temperatur . . . . = 5,2° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 399,3 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 355,9 ccm
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

762,7 ccm.

Die Temperatur des Thieres war:

38,1° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung ist für Versuch IV und V gemeinsam bestimmt. (Siehe Versuch V.)

Versuch V.

Anfang des Versuches 12 Uhr.

Zeit	12 Uhr	5	10	15	20
Temperatur des Thieres in °C.	37,8	37,3	37,3	37,2	37,3
Temperatur des Bades . . .	34,8	37,3	36,8	37,5	37,5

Das Thier reckt und streckt sich fortwährend.

I Bestimmung des Sauerstoffverbrauches,

a) Sauerstoffvolum am Anfange des Versuches . . . . = 753,92 ccm
Druck . . . . = 763,08 mm
Temperatur . . . . = 5,2° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 742,8 ccm
b) Sauerstoffrest . . . . = 356,92 „
Druck . . . . = 763,00 mm
Temperatur . . . . = 5,4° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 351,4 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 391,4 „
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

838,7 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

37,8° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung in Versuch IV und V betrug pro Kilo und Stunde:

708,5 ccm.

Versuch VI.

Anfang des Versuches 12 Uhr 20 Minuten.

Zeit	12 Uhr 20 Min.	25	30	35	40
Temperatur des Thieres in °C.	37,3	37,4	—	37,5	37,6
Temperatur des Bades . . .	37,5	36,5	—	36,3	35

Fortwährende Bewegungen der Muskeln.

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

Druck und Temperatur am Anfang und Ende des Versuches unverändert, darum directe Reduction des verschwundenen Sauerstoffs.

Verschwundener Sauerstoff . . . . = 420,9 ccm
Druck . . . . = 763,0 mm
Temperatur . . . . = 5,4° C.

Auf 0° C. und 0,76 m reducirt. . . . . = 414,4 ccm

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

888,0 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

37,4° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung ist für Versuch VI und VII gemeinsam bestimmt.

Versuch VII.

Anfang des Versuches 2 Uhr 40 Minuten.

Zeit	2 Uhr 40 Min.	45	50	55	1 Uhr	6
Temperatur des Thieres in °C.	37,6	—	35,9	34	32,1	28,6
Temperatur des Bades . . .	35,0	In ein kaltes Bad gebracht.	13,2	13,5	13,5	13,5

Thier zittert im kalten Bade heftig.

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

Rechnungsbedingungen wie bei Versuch VI.

Verschwundener Sauerstoff . . . . = 529,06 ccm

Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 520,8 „

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

858,5 ccm

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

34,8° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung in Versuch VI und VII betrug pro Kilo und Stunde:

777,8 ccm.

Versuch VIII.

Anfang des Versuches 1 Uhr 6 Minuten.

Zeit	1 Uhr 6 Min.	10	15	20	25	30
Temperatur des Thieres in ° C.	28,6	—	26,7	25,8	24,4	24,0
Temperatur des Bades . . .	13,5	—	13,5	—	—	13,5

Thier zittert fortwährend.

I. Sauerstoffverbrauch-Bestimmung.

Rechnungsbedingungen wie bei Versuch VII.

Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 345,78 ccm

Reducirtes Sauerstoffvolum . . . . = 340,4 „

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

607,8 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

26,1° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:

576,6 ccm.

Versuch IX.

Anfang des Versuches 1 Uhr 30 Minuten.

Zeit	1 Uhr 30 Min.	35	40	45	50
Temperatur des Thieres in ° C.	24,0	—	22,6	21,7	20,0
Temperatur des Bades . . .	13,5	—	—	—	13,0

Thier zittert fortwährend.

I. Rechnungsbedingungen wie bei den letzten Versuchen für die Sauerstoffbestimmung.

Verschwundener Sauerstoff . . . . = 216,42 ccm

Druck . . . . = 763,06 mm

Temperatur . . . . = 5,2° C.

Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 213,2 ccm

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

456,8 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

22,4° C.

II. Die Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde betrug:

512 ccm.

Tabelle von Serie XXIII.

Nummer des Versuchs	Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde in ccm auf 0° C. und 0,76 M. reducirt	Kohlensäureausscheidung pro Kilo und Stunde in ccm auf 0° C. und 0,76 M. reducirt	Mittlere Temp. des Thieres, in ° C. in ano	Angabe der Grenzen, in denen die Temp. des Thieres schwankte	Dauer jedes einzelnen Versuchs in Min.
1.	829,3	859,6	39,2	Fast constant	20
2.	794,3	691,0 (2.–3.)	39,2	Ebenso	20
3.	737.7		38,8	sinkt von 39,2 auf 38,3	20
4.	762,7	703,5 (4.–5.)	38,1	sinkt von 38,3 auf 37,8	20
5.	838,7		37,8	sinkt von 37,8 auf 37,3	20
6.	888,0	777,8 (6.–7.)	37,4	steigt von 37,3 auf 37,6	20
7.	858,5		34,3	sinkt von 37,6 auf 28,6	26
8.	607,8	576,6	26,1	sinkt von 28,6 auf 24,0	24
9.	456,8	512,2	22,4	sinkt von 24 auf 20,0	20

XXIV. Serie. (20. Jan.)

Kaninchen von 1550 gr.

Versuch I.

Anfang des Versuches 10 Uhr 45 Minuten.

Zeit	10 Uhr 45 Min.	50	55	11 Uhr.	5
Temperatur des Thieres in ° C.	37,8	38,2	38,6	38,7	38,8
Temperatur des Bades . . .	40,0	39,5	39,0	38,7	38,0

Das Thier macht öfter sehr heftige Bewegungen.

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

a) Anfangsvolum des Sauerstoffs im Spirometer I . . . = 747,66 ccm
Druck . . . . = 752,84 mm
Temperatur . . . . = 5,8° C.
Anfangsvolum auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . = 725,2 ccm

b) Endvolum des Sauerstoffs . . . . = 823,48 ccm
Druck . . . . . . = 752,6 mm
Temperatur . . . . = 6,8° C.
Endvolum des Sauerstoffs auf 0° C. u. 0,76 m reducirt = 313,1 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 412,1 „

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

798,0 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

38,45° C.

II. Bestimmung der Kohlensäureausscheidung:

Dieselbe betrug pro Kilo und Stunde:

704 ccm.

Versuch II.

Anfang des Versuches 11 Uhr 5 Minuten.

Zeit	11 Uhr 5 Min.	10	15	20	25
Temperatur des Thieres in ° C.	38,8	38,7	38,8	39,0	38,8
Temperatur des Bades . . .	38,0	39,2	38,9	38,5	38,2

Thier liegt ruhig in Apnoë.

I. Sauerstoffbestimmung.

a) Sauerstoffvolum am Anfang des Versuches im Spirom. II = 771,47 ccm
Druck . . . . = 752,81 mm
Temperatur . . . . = 5,8° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 748,3 ccm

b) Sauerstoffvolum am Ende des Versuches . . . . . = 361,41 ccm
Druck . . . . = 752,6 mm
Temperatur . . . . = 6,3° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 349,8 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 398,5 „

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

771,8 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

38,8° C.

II. Bestimmung der Kohlensäureausscheidung.

Dieselbe betrug pro Kilo und Stunde:

684,8 ccm.

Versuch III.

Anfang des Versuches 11 Uhr 25 Minuten.

Zeit	11 Uhr 25 Min.	30	35	40	45
Temperatur des Thieres in ° C.	38,8	37,5	33,2	29,5	25,6
Temperatur des Bades . . .	Thier ins Bad von 7° C.	8,5	8,5	8,5	8,5

Das Thier tobt furchtbar und zittert auf das Heftigste.

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

Weil am Anfang und Ende dieses Versuches Druck und Temperatur für die Gasvolumina unverändert sind, wird die Differenz des Anfangs- und Endvolums direct reducirt.

Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 471,97 ccm
Druck . . . . = 752,6 mm
Temperatur . . . . = 6,3° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 456,8 ccm

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

884,1 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

33,0° C.

II Bestimmung der Kohlensäureausscheidung.

Dieselbe betrug pro Kilo und Stunde:

882,0 ccm.

Versuch IV.

Anfang des Versuches um 11 Uhr 45 Minuten.

Zeit	11 Uhr 45 Min.	50	55	12 Uhr	5
Temperatur des Thieres in ° C.	25,6	—	23,4	21,3	21,4
Temperatur des Bades . . .	8,5° C.	Erwärmung des Bades auf 30°.	20	19,8	19,5

Thier zittert, nicht apnoisch.

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches. Bedingungen für die Rechnung wie bei Versuch III.

Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 313,93 ccm
Druck . . . . = 752,6 mm
Temperatur . . . . = 6,3° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 303,9 ccm

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

588,2 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres betrug:

23,1° C.

II. Bestimmung der Kohlensäureausscheidung.

Dieselbe betrug pro Kilo und Stunde:

519,3 ccm.

Versuch V.

Anfang des Versuches 12 Uhr 5 Minuten.

Zeit	12 Uhr 5 Min.	10	15	20	25
Temperatur des Thieres in ° C.	21,4	21,3	21,35	21,35	21,35
Temperatur des Bades . . .	19,5	19,0	19,0	15	15

Thier zittert fortwährend.

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches. Bedingung für die Rechnung wie Versuch IV.

Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 259,39 ccm
Druck . . . . = 752,6 mm
Temperatur . . . . = 6,3° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 251,1 ccm
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

486,0 ccm.

Die Temperatur des Thieres war:

21,35° C.

II. Bestimmung der Kohlensäureausscheidung.
Dieselbe betrug pro Kilo und Stunde:

588,6 ccm.

Versuch VI.

Anfang des Versuches 12 Uhr 25 Minuten.

Zeit	12 Uhr 25 Min.	30	35	40	45	50
Temperatur des Thieres in ° C.	21,35	21,4	22,5	23,6	25,5	26,5
Temperatur des Bades . . .	15	35	39	39	38,8	38,2

Thier zittert stark.

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

a) Sauerstoffvolum am Anfange des Versuches (Spirom. II.) = 786,18 ccm
Druck . . . . = 752,6 mm
Temperatur . . . . = 6,3° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 761,0 ccm
b) Sauerstoffvolum am Ende des Versuches . . . . . = 354,36 „
Druck . . . . = 752,35 mm
Temperatur . . . . = 6,8° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 342,2 ccm
Also Sauerstoffverbrauch . . . . = 418,8 ccm
Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

648,4 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

23,6° C.

II. Bestimmung der Kohlensäureausscheidung.

Dieselbe betrug pro Kilo und Stunde:

541,6 ccm.

Versuch VII.

Anfang des Versuches 12 Uhr 50 Minuten.

Zeit	12 Uhr 50 Min.	55	1 Uhr	5	10	15
Temperatur des Thieres in ° C.	26,5	27,8	29,2	30,6	31,9	32,6
Temperatur des Bades . . .	38,2	39	40	39,2	38,8	39,5

Das Thier liegt ruhig und zittert wenig und ist apnoisch.

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches (Spirom. I.):

Am Anfang und Ende des Versuches ist Druck und Temperatur gleich, darum directe Reduction des verschwundenen Sauerstoffvolums.

Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 548,4 ccm
Druck . . . . = 752,35 mm
Temperatur . . . . = 6,8° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 529,7 ccm

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

820,2 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

29,7° C.

II. Bestimmung der Kohlensäureausscheidung.

Dieselbe betrug pro Kilo und Stunde:

756,0 ccm.

Versuch VIII.

Anfang des Versuches 1 Uhr 15 Minuten.

Zeit	1 Uhr 15 Min.	20	25	30	35	40
Temperatur des Thieres in ° C.	32,6	33,4	34,1	34,7	35,2	35,6
Temperatur des Bades . . .	39,5	38,5	40,2	40	39,7	39,2

Das Thier liegt ruhig und zittert kaum; ist apnoisch.

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches (Spirom. II.).

Bedingungen für die Rechnung wie bei Versuch VII.

Verschwundenes Sauerstoffvolum . . . . = 472,68 ccm
Druck . . . . = 752,35 mm
Temperatur . . . . = 6,8° C.
Auf 0° C. und 0,76 m reducirt . . . . = 456,5 ccm

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

706,9 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

34,3° C.

II. Bestimmung der Kohlensäureausscheidung.

Dieselbe betrug pro Kilo und Stunde:

714,9 ccm.

Versuch IX.

Anfang des Versuches 1 Uhr 40 Minuten.

Zeit	1 Uhr 40 Min.	45	50	55	2 Uhr
Temperatur des Thieres in ° C.	35,6	36,0	36,3	36,5	36,8
Temperatur des Bades . . .	39,2	38,8	40,0	39,5	39,3

Thier sehr ruhig, ohne Zittern.

I. Bestimmung des Sauerstoffverbrauches.

Bedingungen der Rechnung wie bei Versuch VIII.

Verschwundenes Sauerstoffvolum (Spirom. I) . . . = 356,76 ccm
Druck . . . . . . = 752,35 mm
Temperatur . . . . = 6,8° C.
Auf 0° C. und 0,67 m reducirt . . . . = 344,5 ccm

Also Sauerstoffverbrauch pro Kilo und Stunde:

666,7 ccm.

Die mittlere Temperatur des Thieres war:

36,2° C.

II. Die Bestimmung der Kohlensäureausscheidung.

Dieselbe betrug pro Kilo und Stunde:

617,2 ccm.

Tabelle der Serie XXIV.

Nummer des Versuchs	Sauerstoffverbrauch in ccm (0° C. und 0,76 M.) pro Kilo und Stunde	Temp. des Thieres in ano in °C.	Angabe der Grenzen, innerhalb deren die Temperatur des Thieres schwankte	Dauer des Versuchs in Minuten	Kohlensäureausscheidung in ccm (0° C. und 0,76 M.) pro Kilo und Stunde
1.	798,0	38,45	steigt von 37,8 auf 38,8	20	704,2
2.	771,3	38,8	Constant	20	634,3
3.	884,1	33,0	sinkt von 38,8 auf 25,6	20	882,0
4.	588,2	23,1	sinkt von 25,6 auf 21,4	20	519,3
5.	486,0	21,35	Constant	20	538,6
6.	648,4	23,6	steigt von 21,4 auf 26,5	25	541,6
7.	820.2	29,7	steigt von 26,5 auf 32,6	25	756,0
8.	706,9	34,3	steigt von 32,6 auf 35,6	25	714,9
9.	666,7	36,2	steigt von 35,6 auf 36,8	20	617,2

Resumé und Schluss.

Die mitgetheilten Untersuchungen dürften, wie mir scheint, zur Begründung des Satzes genügen, dass auch bei den warmblütigen Thieren die Energie der Oxydationsprocesse der Temperatur der Organe proportional wächst. Ebenso ist durch die in meinem Laboratorium von mir, Zuntz, Colasanti und Finkler ausgeführten Messungen mit absoluter Sicherheit festgestellt worden, dass die höheren Thiere die Temperatur ihres Körperinneren nicht bloss durch Regulation des Verlustes, sondern auch der Production der Wärme constant erhalten.

Die Thatsache, dass die chemischen Vorgänge im Körper der höheren Thiere um so energischer werden, je kälter die Luft ist, welche sie umgibt, erscheint nicht bloss vom Gesichtspunkte meiner Theorie der Lebensprocesse in hohem Grade paradox. Kälte ist verringerte Molecular- und Atomschwingung. Die Kälte — oder die verringerte lebendige Kraft — ist also unter Umständen ein Reiz oder sagen wir vorsichtiger wirkt, als ob sie ein Reiz wäre.

Zur Beurtheilung der Mechanik dieses merkwürdigen Vorganges wird es angemessen sein, zunächst vom Gesichtspunkte der Descendenztheorie zu fragen, wie das Princip der Wärmeregulation sich wohl im Thierreich entwickelt haben mag.

Nur Säugethiere und Vögel zeichnen sich unter den Wirbelthieren durch diese Fähigkeit aus. Die niedrigen Vertreter dieses Reiches: die Reptilien, Amphibien und Fische, sowie die Wirbellosen und Pflanzen sind Sclaven der umgebenden Temperatur. Je mehr sie ausserhalb sinkt, um so tiefer fällt sie auch innerhalb des Körpers dieser Geschöpfe, um so träger vollziehen sich alle Lebensprocesse, um endlich bei wenigen Graden unter Null zum absoluten Stillstande zu kommen. Viele können unter günstigen Bedingungen aus dieser tiefen Erstarrung wieder erwachen und sich ihres Lebens um so mehr erfreuen, je höher die Temperatur steigt. Es kommt ja nur selten in der Natur vor, dass die umgebende Temperatur bis zu einer mit dem Leben unverträglichen Höhe steigt.

Durch einige Thatsachen möge das Gesagte bewiesen werden, da es sich um ältere Experimente von der höchsten Wichtigkeit

handelt, welche die heutige Generation kaum mehr kennt oder doch zu wenig berücksichtigt.

Dass alle Lebensäusserung bei einer bestimmten niederen Temperatur erlischt, das Geschöpf aber trotzdem durch Erwärmung wieder auflebt, ist seit Spallanzani auf die vielfachste Weise gezeigt. Er hat zuerst beobachtet, dass Schnecken bei — 1° keinen Sauerstoff mehr verbrauchen und alle Luftveränderung aufhört, ebenso der Herzschlag, Circulation der Säfte, Athembewegung, mit einem Worte jede Lebensthätigkeit. Er zeigte ferner, dass der Sauerstoffverbrauch der Temperatur proportional wachse[1]).

Nach Anthony Carlisle[2]) lassen sich lebendige Muskeln im gefrorenen Zustande viele Stunden aufbewahren und sind aufgethaut wieder reizbar. Ueber das vollkommene Erlöschen aller Lebensfunctionen ohne Tödtung durch sehr niedrige Temperatur berichtet Rudolphi[3]) nach einem Briefe von Pallas, welcher bezeugt, dass die Karauschen (Cyprinus Carassius) in sibirischen Seen, die im Winter bis auf den Grund zufrieren, im Frühling bei aufgethautem Wetter wieder aufleben und erzählt eine Beobachtung von Bell (Voyage de Russie Vol. I. 318), der einst die Goldfische vor seinem Fenster im Wasser eingefroren steif und unbeweglich fand und sie doch fast alle wieder aufleben sah. Rudolphi[4]) hat Eingeweidewürmer mit dem Eis, worin sie gefroren waren, in Wasser aufgethaut. Nach der Schmelzung bewegten sie sich munter und behielten lange das Leben. Bonnet[5]) liess Raupen zu Eis frieren — aufgethaut waren sie wieder lebendig. Reaumur[6]) berichtet Aehnliches von Raupen. Sehr instructive Versuche mit Erfrieren von Insecten zu Eis und Wiederaufleben beim Aufthauen bringen Kirby und Spence[7]). Capitain

1) Spallanzani, Mém. sur la resp. trad. par Senebier 1803. pg. 150, 151, 184, 185.

2) Anthony Carlisle, The Croonian Lecture on Muscular Motion in Philosophical Transactions of the Royal Society P. I, pg. 25, 1805.

3) Rudolphi, Physiologie I, pg. 170.

4) Rudolphi a. a. O. I., pg. 172.

5) Charles Bonnet, Oeuvres d'Histoire naturelle Neuchatel 1779, T. VI, pg. 12.

6) Reaumur, Histoire des Insect. II, P. I, pg. 178, 179.

7) Kirby und Spence, Einleitung in die Entomologie II., pg. 505, 506, 507. — Siehe auch J. F. Kyber, Beiträge im Magazin der Entomologie von Germar und Zincken 1817, II, pg. 7.

Ross[1]) liess Raupen gefrieren, sodass sie beim Auffallen auf Porzellan wie Steine klirrten und sah gleichwohl das Wiederaufleben. John Hunter[2]) berichtet Aehnliches von Blutegeln. B. Gaspard[3]) liess Schnecken gefrieren bei — 7°, constatirte das Aufhören aller Respirations-, Circulations-, Ernährungs- und andern Lebenserscheinungen und das Wiederaufleben beim Aufthauen. Der interessanteste Versuch Gaspard's[4]) ist, dass Schnecken bei niederer Temperatur den ganzen Winter unter Oel oder Quecksilber, ja in Fett eingeschmolzen ausdauern und im Frühjahr bei der Erwärmung vollkommen lebendig werden. Gaymard[5]) liess Kröten fest frieren; aufgethaut lebten sie wieder. Schnelles Frieren tödtet. Bei Fröschen gelang der Versuch nicht. Besseren Erfolg hatte Anschel[6]), der durch Versuche an 40 eingefrorenen Fröschen zeigte, dass sie beim Aufthauen wieder auflebten.

Sogar Säugethiere[7]), besonders Winterschläfer, können zu so niedriger Temperatur gebracht werden, dass alle Sauerstoffaufnahme und Kohlensäurebildung aufhört, alle Reizbarkeit erlischt, obwohl Erwärmung das Leben zurückruft.

Dass bei dem Zusammentreffen besonderer Umstände sogar der Mensch in einen Zustand von Scheintodt durch Kälte — was man Winterschlaf nennen könnte — versetzt werden kann, scheint nicht bezweifelt werden zu können auf Grund verschiedener glaubwürdiger Berichte[8]).

So wogt mit der Wärme das Leben auf und ab — auf zur Lust und abwärts zu Stumpfsinn und Erstarrung. Zum Vortheil

---

1) Ross, Voyage in Bibliothèque universelle de Genève III, 1836, pg. 423.

2) John Hunter, Works III, pg. 107. (Siehe Note Vol. I, pg. 284.)

3) B. Gaspard, Mém. physiol. sur le Colimaçon. Journal de Magendie 1822 II, pg. 314, 315, 309.

Siehe auch William Harvey, Works Sydenham Society, pg. 30.

4) B. Gaspard a. a. O., pg. 310, 311.

5) Gaymard, Bibliothèque univ. de Genève 1840. XXVI. 207.

6) Anschel, Thanatologie, pg. 21.

7) Gavarret, Physique médicale, pag. 497 etc.

8) Rudolphi, Physiologie I, pg. 278. — Fabricius, Resultate naturhistorischer Vorlesungen, Kiel 1804. — Ign. Somis Ragionamento sopra il fatto avenuto in Bergemoletto in cui tre Donne sepolte fra le rovine delle stalle per la caduta d'una gran mole di neve, sono state trovate vive dopo trentasette giorni. Torino 1758. 4. — Fothergill, Winke pg. 82. —

der Thierwelt hat sich aber allmählig das Gefühl der Lust und Unlust in den Dienst der natürlichen Züchtung gestellt. Denn alle Varietäten, deren Lustgefühl durch Schädlichkeiten erregt wurde, mussten eliminirt werden, weil das Thier auch die schädliche Lust aufsucht. Darum ist das dem Thiere Angenehme auch zugleich das Nützliche geworden. Bethätigung allzeit schlagfertiger. energischer Leistung der Organe ist dem Individuum unzweifelhaft im Kampf um das Dasein von Belang und darum angenehm. Diese nie fehlende Schlagfertigkeit und höhere Kraftentwickelung ist nur möglich bei dauernd höherer Temperatur der Organe, die deshalb merkwürdiger Weise bei Vögeln und Säugethieren schon im normalen Zustande einen oberen Werth erreicht, der ohne erhebliche Gefährdung der Gesundheit nicht weiter gesteigert werden kann, da ja eine Zunahme der inneren Temperatur um nur wenige Grade den sicheren Tod zur Folge hat. — Das Thier muss sich nun viel weniger vertheidigen gegen die zu hohe Temperatur der Umgebung, die fast immer beträchtlich niedriger als die des Blutes ist, als vielmehr gegen die Abkühlung — die Kälte. Dem Erörterten gemäss erzeugt in uns das Vorhandensein der richtigen Temperaturverhältnisse bei übrigens gesundem Körper ein Gefühl des Behagens, das sofort schwindet, wenn die Temperatur in uns nach aufwärts zu steigen oder nach abwärts zu fallen beginnt. Dort erschlafft uns die Schwüle, hier verscheucht der Frost alles Behagen. Dass sogar Frösche plötzliche Veränderungen der Temperatur des Wassers mit Wohlgefallen oder Missfallen wahrnehmen, glaube ich bemerkt zu haben. Jedenfalls ist auch für die kaltblütigen Wirbelthiere die Kälte ein Reiz. John Hunter[1]) berichtet, dass Karpfen, welche in grosse Kälte gebracht wurden, Zeichen des Unbehagens gaben und die heftigsten Bewegungen machten. — Sobald nun die ersten Ahnen der Säugethiere und Vögel, also die der höchststehenden und intelligentesten Geschöpfe entstanden waren, die im Sommer in warmen Klimaten oder in Höhlen (Ratten) wegen der dann hohen Temperatur ihres Körpers eines energischen Lebens sich erfreuten, mussten sie allmählich bemerken, dass in Folge stärkerer Muskelbewegung das Unbehagen verschwinde, welches beginnender Frost erzeugt. So machte die Kälte sie instinktiv beweglicher, zwang sie schon beim Stehen oder

1) John Hunter, Works IV, pg. 132.

Sitzen zur strafferen Haltung des Körpers, d. h. zur Innervation der gesammten Musculatur. Indem sie so unaufhörlich dem Bedürfniss entsprechend die bald straffere, bald weniger straffe Haltung annahmen, vollzog sich durch Gewöhnung die Association motorischer Innervation von selbst mit dem Gefühl der Kälte. So sitzt der schlafende Vogel oder steht auf einem Beine; so stehen schlafende Pferde und behaupten das Gleichgewicht. — Bewegungen und Muskelinnervationen, die eigentlich willkürliche sind, werden durch lange Gewöhnung schliesslich sogar im Schlafe und im Wachen scheinbar ohne jedes Bewusstsein, vielleicht mit nur einer Spur von Bewusstsein, ausgeübt.

Ich kann nicht umhin, hier daran zu erinnern, dass unter den den Vögeln so nahe stehenden Reptilien ein Beispiel vorkommt — eine Schlange, welche wenigstens zeitweise sich in einen Warmblüter verwandelt und ihre gesteigerte, allerdings allmählig wieder sinkende Temperatur lange Zeit behauptet. Valenciennes[1]) berichtet von seinen Beobachtungen, die er an Python bivittatus gemacht und die, da sie gleichzeitig von Gay-Lussac controlirt wurden, als zuverlässig betrachtet werden dürfen. Diese Schlange brütet ihre Eier wie ein Vogel aus und rollt sich dabei um die Eier wie der Turban um den Kopf. Im Beginn des Brütens stieg die Temperatur des Thieres auf 41,5° C. und übertraf um 17,5° C. die Temperatur der umgebenden Medien, die gleich 22° C. war. Im Laufe der Bebrütung sank die Temperatur allmählig auf 28° C. ohne wesentliche Aenderung der Temperatur der Umgebung. Das Thier soff begierig Wasser und hatte seit Monaten nicht gefressen. Die Wärme hat die Schlange also doch wohl unzweifelhaft durch Contraction ihrer gewaltigen Muskulatur hervorgebracht.

Bei den meisten Säugethieren und Vögeln entwickelt sich nun das Princip der Regulation mit grosser Vollkommenheit; bei einigen leistet es weniger — so z. B. bei den Winterschläfern, deren innere Temperatur verhältnissmässig leichter herabgedrückt wird, mit nothwendig folgendem Schlafe. Doch ist der Widerstand des Winterschläfers begreiflicher Weise nicht allezeit gleich. Daraus, dass zuweilen ein Winterschläfer, der im Sommer in den Eiskeller gesetzt wurde, nicht einschlief, schlossen Einige, dass die Tem-

---

1) Valenciennes in Compt. rend. des séances de l'acad. des sciences XIII. pg. 127.

peratur der Luft nicht die Ursache des Winterschlafes sei, obwohl sie sahen, dass die Thiere, welche im Norden Winterschläfer sind, nach dem Süden gebracht, das ganze Jahr so wach wie andere Thiere bleiben. Ebenso, wenn man den Winterschläfer während des Winters in wohlgeheitzten Räumen beherbergt. Was aber vielleicht noch überzeugender ist: gewisse Thiere, die in den Tropen leben und in ihrer Heimath keinen Winterschlaf halten, verfallen in ihn, wenn sie nach dem Norden gebracht werden. Tiedemann[1]) schrieb an Rudolphi, dass er bei sich in Heidelberg ein junges Krokodil in Wintererstarrung habe.

Ebenso beweisend ist, dass in unseren Breiten lebende Thiere, die gar keine Winterschläfer sind, doch in diesen oder einem dem ganz analogen Zustand unter dem Einfluss starker Kälte verfallen können.

So erzählt Alexander von Humboldt[2]), dass eine durch Kälte erstarrte Ratte durch Erwärmung aus dem „steifen" und dem Anscheine nach „todten" Zustande durch Wärme wieder erweckt worden sei.

Es könnte Mancher eine Schwäche in meiner Erklärung finden, weil ich das psychische Princip des Behagens[3]) benutze. Man wird aber finden, dass die Natur sich desselben bedient, wo es dem „Zweck" entsprechendes Mittel ist. So überliess sie es der Intelligenz des Menschen, sich Kleider anzuschaffen oder sich durch künstliche Erwärmung seiner Umgebung gegen die Kälte zu schützen und gab ihm keine Bekleidung der Haut.

Ein Theil der Vorrichtungen, welche zur Regulation des Wärmeverlustes dienen, ist also auch unter die Willkür gestellt, ein anderer aber wie die Blutfülle der Haut und die Schweissthätigkeit lassen sich nur in derselben Weise wie andere zweckmässige Einrichtungen aus dem Darwin'schen Princip ableiten.

---

1) Rudolphi, Physiologie I, pag. 284.

2) Alexander von Humbold, Gereizte Muskel- und Nervenfaser, II, pg. 225.

3) Vor langer Zeit habe ich schon darauf hingewiesen, dass das Behagen, welches der Temperatursinn vermittelt, als der eigentliche Regulator der Körpertemperatur betrachtet werden muss. Die Kürze meiner damaligen Bemerkung ist wohl die Ursache, dass sie theils nicht verstanden, theils ignorirt worden ist. (S. E. Pflüger, Ueber die Diffussion des Sauerstoffs etc. Dies Archiv Bd. 6, pg. 52.)

Doch kommt es uns hier auf die Regulation der Temperatur durch die Production der Wärme an, auf das Paradoxon, dass die Kälte die chemischen Processe in unserem Körper indirect steigert.

Die Verlegung der Schwierigkeit in das Nervensystem beseitigt die Paradoxie nicht ganz; denn Nervensubstanz ist auch lebendige Materie.

Zur Beseitigung der Paradoxie lege ich mir zunächst die Frage vor: Reizt die Kälte wirklich die Temperaturnerven der Haut und sind diese verschieden von den Gefühlsnerven? Es scheint mir unzweifelhaft, dass sie verschieden sind, wie ich an anderer Stelle bereits gezeigt habe. Ich sagte[1]):

„Nun besitzen alle Sinnesorgane zweierlei Arten centripetaler Nerven, nämlich erstens: die allen Theilen des Körpers überhaupt zukommenden Gefühlsnerven und zweitens: specifische nur diesem Sinnesorgane und keinem andern Organe zukommende Sinnesnerven.

Die Gefühlsnerven der Haut, die wahrscheinlich mit den Tastnerven identisch sind, bilden die erste allgemeine Gruppe; die der Haut specifisch zukommenden Sinnesnerven sind aber die zur Wahrnehmung der Wärme bestimmten: die Temperaturnerven. Denn Gefühle hat jedes Organ, Temperaturempfindung aber die Haut allein. Sowie strahlende Wärme und Licht specifisch dieselben physikalischen Vorgänge sind, so sind Sehnerven und Temperaturnerven die phylogenetisch analogen Sinnesnerven. Also die Wärmeempfindung entspricht der Lichtempfindung und die Abwesenheit der Wärme erzeugt das Gefühl der — Kälte. Also Kalt ist das Schwarz des Hautsinnes. Wie jener durch Abwesenheit resp. Verringerung von Wärme, so wird dieses durch Abwesenheit resp. Verringerung von Licht erzeugt."

Der vollkommenste Beweis für die Richtigkeit meiner Ansicht dürfte durch Beobachtungen geliefert werden an Paralytischen, deren Haut alle Empfindung, nicht aber das Temperaturgefühl verloren hat oder umgekehrt. Dass solche Fälle vorkommen, ist sehr wahrscheinlich.

So theilt der alte Erasmus Darwin[2]) einen Brief mit, den er von D. R. V. Darwin aus Shrewsburg erhalten, mit folgendem hoch wichtigen Inhalte:

1) F. Pflüger, Die teleologische Mechanik. Dies Archiv XV, pg. 93.

2) Erasmus Darwin, Zoonomie. Aus dem Englischen von J. D. Brandis. Hannover 1795, Bd. I, pg. 221.

„Ich machte gestern in unserem Hospital eine Erfahrung, welche Ihre Meinung, dass die Empfindung der Wärme und des Gefühls von verschiedenen Arten von Nerven abhänge, sehr begünstigt. Ein Mann, welcher kürzlich von einem Fieber wieder hergestellt war und noch schwach war, wurde von heftigen Krämpfen in den Schenkeln und Füssen befallen, welche durch Opiate gehoben wurden, ausser dass der eine Fuss unempfindlich blieb. Herr Ewart prickte ihn mit einer Nadel an fünf oder sechs verschiedenen Stellen und der Kranke versicherte, dass er nicht das Mindeste fühle und auch sehr heftiges Kneipen fühlte er nicht. Hielt man aber einen rothglühenden Stab in einiger Entfernung von dem Fusse und brachte denselben nach und nach bis auf etwa 3 Zoll vom Fusse näher, so versicherte er, dass er diess sehr deutlich fühle. Ich vermuthe, dass irgend eine heftige Reizung auf die Gefühlsnerven den Krampf verursacht und diese paralytisch gemacht hat, während die Nerven der Wärme keinen vermehrten Reiz erlitten und so ihre Reizbarkeit behalten haben."

Mit dieser Deutung ist nun der Uebersetzer Darwin's keineswegs einverstanden und auch Alexander von Humboldt[1] äussert sich bei der Discussion dieses Falles dahin, man dürfe deshalb nicht auf einen Wärmesinn schliessen, sondern müsse daran denken, dass, wenn niedere Reize nicht mehr wirken, energischere das noch vermögen. Mechanische Mittel seien aber schwächere Reize als die Wärme. Gleichwohl ist diese Erklärung zweifelhaft, da heftiges Kneipen offenbar nicht eine Spur von Empfindung, wohl aber die Wärme eine merkbare Erregung erzeugte. Leider ist nicht angegeben, aber doch wahrscheinlich, dass die Erregung als Wärmegefühl wahrgenommen wurde.

Aus allen angeführten Gründen muss man den Schluss ziehen, dass die Existenz besonderer Temperaturnerven zum Mindesten im höchsten Maasse wahrscheinlich sei.

Werden nun, fragen wir unter dieser Voraussetzung weiter, diese Temperaturnerven durch die Kälte wirklich erregt? So viel steht jedenfalls fest, dass die Gefühlsnerven der Haut gereizt werden, wie der heftige Schmerz beweist, den starke Abkühlung bedingt. Derselbe heftige Schmerz wird aber durch un-

1) Alexander von Humboldt. Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser 1797, Bd. II, pg. 327.

zweifelhafte Nervenreize hervorgerufen. Wollte man sich also denken, dass die Kälte den Chemismus in den Ausbreitungen der Empfindungsnerven herabsetze, d. h. ihre innere Reizung vermindere und dies nach Analogie der Hemmungsvorrichtungen Schmerzempfindungen im Gehirn zur Folge habe, so heisst das behaupten, dass bei minimaler Erregung der Nerven das Sensorium genau so wie bei maximaler afficirt werde, was nicht angenommen werden kann. Demnach wird der Gefühlsnerv wirklich in der Haut durch die Kälte gereizt. Man ist aber nicht gezwungen, an eine directe Wirkung zu denken, sondern man kann alle Paradoxie beseitigen, wenn man die Erklärung annimmt, die schon John Hunter[1]) gegeben hat. Er denkt an die Veränderung in der Lagerung der Molecüle durch Temperaturänderung, die nothwendig „Veränderungen in der gegenseitigen Lage der Theile des Körpers und seiner Textur" zur Folge hat. Denn die verschiedenen Gewebselemente erleiden durch die Abkühlung eine verschiedene Contraction und können den Nerven so gleichsam zerren oder quetschen, noch ehe durch die Kälte seine Erregbarkeit aufgehoben ist.

Eine Möglichkeit der Erklärung schiene nun gegeben durch Anwendung des gleichen Prinzips auf die Temperaturnerven und John Hunter verfährt so in der That (a. a. O.). —

So bequem uns dies über die Schwierigkeit hinwegzuhelfen scheint, so ergibt doch eine genauere Erwägung, dass sich die Sache anders verhalten wird.

Wie wäre es denkbar, dass die heftige Reizung, welche die von der Kälte hervorgerufene Quetschung der Nerven bedingt, Kältegefühl und die heftige Reizung, die ein glühender Körper hervorruft, Wärmegefühl veranlassen sollte? Derselbe Nerv müsste also bei heftiger Reizung einmal das eine, das andere Mal das andere Gefühl erzeugen. Heftiger Druck der Haut erzeugt aber weit eher ein Brennen und — was sehr wichtig — die Einwirkung excessiver Kälte, wie gefrorenen Quecksilbers bewirkt sofort das Gefühl heftigen Brennens, worüber John Hunter[2]) genauer berichtet. In wenigen Secunden, sagt Hunter, ertödtet solche excessive, plötzlich einwirkende Kälte das Leben durch-

---

1) John Hunter, Works, IV. Vol., pg. 137.

2) John Hunter, Works I, pg. 281.

aus. Es ist also in der That, als ob die Peripherie der Temperaturnerven von dem lebendigen Stamme plötzlich losgerissen würde. In diesem ausserordentlichen Falle mag die Erklärung Hunter's richtig sein; weil die excessive Kälte die Temperaturnerven wirklich reizt, wirkt sie wie die Wärme, die ihn immer erregt.

Ein anderer Gesichtspunkt, der für mich bestimmend ist, liegt in der Analogie mit dem Sehnerven. Das Schwarz des Gesichtssinnes entspricht offenbar dem Kalt des Temperatursinnes, und es ist doch unleugbar, dass die Empfindung des Schwarz — die Folge des Lichtmangels — verknüpft ist mit minimaler Erregung der Retina und des Sehnerven. Ich meine deshalb, dass die Empfindung des Kalt, die Folge des Wärmemangels, wohl auch verknüpft sei mit einer Abnahme der Erregung in den peripherischen Endorganen der Temperaturnerven. Gibt man dies zu, so folgt als einfache Thatsache: Erregung des Opticus und der Temperaturnerven erzeugt das Gefühl der Helligkeit und der Wärme, Ruhe des Opticus und der Temperaturnerven das Gefühl des Schwarz und der Kälte. Gefühl aber ist Erregung. Da nun für Schwarz und Kalt Ruhe der Nerven vorausgesetzt ist, so kann die Erregung nur im Gehirn, im betreffenden Centralorgane ihren Sitz haben. Wenn also dem centralen Gesichts- und Temperatursinne keine Erregungen durch ihre Nerven zugeführt werden, sind sie dennoch in heftiger, continuirlicher „automatischer" Erregung, indem die Wärme ihre Substanz zersetzt. So lange die dem entsprechenden Schwingungen in dem Centralorgane stattfinden, entsteht das Gefühl des Schwarz und der Kälte.

Wenn aber das Gefühl der Kälte auf einem bestimmten Erregungszustande des Centralorganes des Temperatursinnes beruht, so liegt keine Schwierigkeit vor zu begreifen, dass diese Erregung sich weiter ausbreite und das Centralorgan der motorischen Innervation in Mitaction versetze. Mit anderen Worten: Das Gefühl der Kälte steigert die Innervation der Muskeln.

Wie kommt es nun aber, dass mit zunehmender Erregung der Temperaturnerven der Haut durch Wärme das Gefühl der Kälte abnimmt und bei weiter zunehmender Temperatur der Haut bei vollkommenem Schwinden jenes Gefühls ein anderes: das der Wärme auftritt?

Am einfachsten gestaltet sich die Erklärung, wenn man die

Annahme macht, dass das Centralorgan des Temperatursinnes zwei Substanzen enthalte als Substrate zweier verschiedener specifischer Energieen: die Erregung der einen dieser Substanzen offenbart sich dem Bewusstsein als Wärmegefühl, die Erregung der anderen als Kältegefühl. Man hätte sich dann weiter vorzustellen, dass beide Substanzen in solchen Leitungsbeziehungen stehen, denen zufolge die Erregung der einen Substanz abnimmt, wenn die der anderen steigt und umgekehrt. Das würde bedeuten, dass das Substrat der Wärmeempfindung, welches also das wahre Centralorgan der Temperaturnerven wäre, hemmend auf das Substrat der Kälteempfindung einwirke, das demnach in keiner unmittelbaren Beziehung zu den Temperaturnerven stände. Hiermit wäre alle Paradoxie der Temperaturregulation auf ein bereits sicher gestelltes bekanntes Princip der Hemmungseinrichtungen im Nervensysteme zurückgeführt. Ich habe bereits oben die Richtung angedeutet, in welcher die Erklärung der Hemmungen zu suchen sein dürfte. Meine Erklärung der Wirkung der Temperaturnerven hat nun nicht blos den Vortheil grosser Einfachheit, sondern sie wahrt auch das Princip der specifischen Energie der Nerven.

Es ist aber sehr möglich, dass die beiden verschiedenartigen Temperaturempfindungen Warm und Kalt doch nur verschiedene Zustände absolut derselben Substanz des centralen Temperatursinnes seien. Auch hier müsste man diese beiden Zustände gleichsam als Gegensätze auffassen, vermöge welcher ihre Beziehung zu dem Centralorgane der motorischen Sphäre eine verschiedene würde. Die Erklärung läuft in diesem Falle zwar auf analoge, aber viel verwickeltere Verhältnisse hinaus.

Beim Studium der älteren Literatur habe ich gefunden, dass die von mir oben gegebenen Erklärungen bereits in ähnlicher Weise, wenn auch allgemeiner gehalten, von James Currie[1]) aufgestellt worden sind. In seinem Werke „über die Wirkungen des kalten und warmen Wassers" hebt er hervor, dass Kälte reize, obwohl sie ein Mangel an Wärme sei (pg. 71). Man sollte aber nicht sagen, dass die Kälte reize, sondern die Empfindung, welche die Kälte nach sich zieht (pg. 75). Die Sinneswirkung der Kälte auf die Haut fasst er als das Moment

1) James Currie, Ueber die Wirkungen des kalten und warmen Wassers. Deutsch von Michaelis 1801. — Zweite Auflage von Currie ist bereits 1798 erschienen.

auf, welches die Gleichförmigkeit der Wärme im Körper erhält (pg. 71).

Ich selbst lege diesen soeben mitgetheilten Erörterungen keinen anderen Werth bei als zur Klärung des tiefen Dunkels durch Abwägung der Wahrscheinlichkeit verschiedener möglicher Erklärungen beizutragen. Vor Allem aber wünschte ich zu zeigen, weshalb die Thatsache des Anwachsens der inneren Oxydationen im Körper der Wärmblüter in Folge des Sinkens der Temperatur der umgebenden Luft keineswegs unvereinbar ist mit der von mir vertretenen Theorie der Lebensprozesse. Während der Chemiker es stets fast nur zu thun hat mit isotropen Gemengen von Molecülen, tritt für den Physiologen die neue Verwickelung hinzu, dass diese Molecüle nach bestimmten Gesetzen geordnet werden und nun ververmöge dieses Gesetzes der „Organisation" grosse einheitliche Massensysteme darstellen. Diese gesetzmässige Schaarung der Molecüle kann durch Summation zu Massenwirkungen führen, von denen man in den Gemengen der Chemiker keine Andeutung sieht, und die chemische ätherartige Bindung vieler kleiner Molecüle zu sehr grossen Molecülen ermöglicht Phänomene von Gleichgewichtstörungen innerhalb eines Molecüles zur Erscheinung zu bringen, von denen der Chemiker nie Etwas gesehen hat, weil seine Molecüle fast immer eine den Sinnen entschwindende Kleinheit haben.

Für die Unterstützung, welche mir bei dieser Arbeit meine beiden Assistenten, Herr Dr. Dittmar Finkler und Herr Dr. Ernst Oertmann, sowie Herr Dr. Hugo Schulz zu Theil werden liessen, spreche ich hier meinen verbindlichsten Dank aus.

(Physiologisches Laboratorium in Bonn.)

Zur Kenntniss der Gase der Organe.

Von

E. Pflüger.

Ich habe den Satz ausgesprochen, dass die Kohlensäure durch Dissociation entstehe. Von der einen Seite — darunter besonders mein Gegner Hoppe-Seyler — wird die Richtigkeit geläugnet, von der andern mir die Priorität bestritten. Jener Seite habe ich bereits in dem vorhergehenden Aufsatze Antwort gegeben und eine zweite Antwort wird in der folgenden Abhandlung enthalten sein. Die Priorität aber kann mir Niemand bestreiten. L. Hermann hat schon vor mir hervorgehoben, dass die Kohlensäure des Muskels durch Spaltung entstehe. Aber so entsteht sie auch innerhalb bestimmter Temperaturgrade aus dem Zucker durch alkoholische Gährung, nicht durch Dissociation. Denn Digestion des Zuckers ohne Ferment liefert keine Kohlensäure. Die Priorität für die „Selbstzersetzung" der lebendigen Materie beanspruche ich nicht, denn nach meinen Darlegungen nehme ich eine solche im strengen Sinne, wie sie a priori wohl denkbar wäre, nicht an, sondern behauptete nur, dass die labile Substanz des Thierleibes durch **Wärme** eine Zersetzung erleidet, ohne **Wärme** sich nicht zersetzt, so zwar, dass die **Wärme** die **unmittelbare** Ursache der Zersetzung ist. Wenn also L. Hermann die Priorität hat, für die Kohlensäure des Muskels den Satz ausgesprochen zu haben, dass sie durch **Spaltung** entstehe, so wird er mir zugeben, dass ich zuerst als alleinige, ausreichende **Ursache** der **Spaltung** die **Wärme** bezeichnet habe. Man kann ferner nicht verkennen, dass ich diesen Satz ganz allgemein ausgesprochen und das besondere Gewicht demselben erst durch Versuche am Frosche ertheilt habe, in denen ich mit Hülfe quantitativer Bestimmungen nachwies, dass bei absoluter Abwesenheit von Sauerstoff ebenso viel Kohlensäure als unter normalen Verhältnissen ausgeathmet wird. Hieraus ging erst hervor, dass **alle** Kohlensäure durch Spaltung entstehe, da es doch hätte

sein können, dass die kleinen, von L. Hermann beobachteten Mengen der Muskelkohlensäure zwar durch Spaltung, die Hauptmasse aber durch direkte Oxydation sich bilde. Man bedenke doch, dass noch vor nicht so langer Zeit eine sehr respectable Partei der Physiologen unter Ludwig's Fähnlein die ganze Verbrennung in das Blut verlegte. Welche Arbeit, welche Anstrengung hat es mich seit einer langen Reihe von Jahren gekostet, bis ich die Physiologen überzeugt habe, dass im Blut nur ein ganz winziger Oxydationsprocess angenommen werden darf, also der Oxydationsprocess fast ganz in die organisirte Masse verlegt werden muss. Was nützt alle Chemie, wenn man noch nicht weiss, welches eigentlich die Molecüle sind, die chemisch auf einander wirken. Nachdem so durch mich gezeigt war, dass die Gewebe diese Molecüle fast ausschliesslich enthalten, musste die Natur der Kohlensäurebildung im Muskel natürlich eine erhöhte Bedeutung gewinnen. Diese Natur speciell zuerst und richtig erkannt zu haben, indem ich die Ursache der Spaltung erkannte; dieses Prinzip als ein allgemeines zuerst richtig hingestellt zu baben, darf ich für mich in Anspruch nehmen. Soviel zur Ausgleichung meiner Differenz mit Hermann. Sobald meine Zeit es gestattet, gedenke ich noch die Geschichte der hier in Betracht kommenden Fragen in einem grösseren Aufsatze zu behandeln.

Obwohl nun heute die Natur der Kohlensäurebildung als indirecte Oxydation so anerkannt ist, dass wenigstens nicht selten die Frage in Handbüchern als eigentlich selbstverständlich angesehen wird, um mich bequemer ignoriren zu können, erschien mir dieselbe doch so principiell für die allgemeine Physiologie, dass ich in der Kritik meiner eigenen Arbeiten nicht nachlassen, resp. sie besser zu stützen suchte.

So wahrscheinlich und gewiss richtig die Deutung ist, welche ich meinem Versuche mit dem Frosche in Phosphordampf gegeben habe, so blieb mir immer ein leises Bedenken, ob die bei Abwesenheit von Sauerstoff ausgeathmete Kohlensäure nicht doch als einfach aus dem Thiere abgedunstete präexistirende angesehen werden könne. Dieses Heft wird, wie ich hoffe, die Hauptfrage definitiv erledigen.

Gewöhnlich werden Pettenkofer und Voit als Gewährsmänner genannt, wo es sich um die Behauptung handelt, dass die lebendigen Organe Sauerstoff aufzuspeichern vermögen, der in der

später gebildeten Kohlensäure wieder erscheinen soll. Wer aber kritisch die Untersuchungen der Münchener Forscher wie ich analysirt hat, wird nicht geneigt sein, dieselben zur Basis jenes Satzes zu nehmen. Es ist mir wegen Ueberhäufung mit Arbeit aller Art noch nicht möglich gewesen und auch heute nicht möglich, eine eingehende Kritik zu liefern. Doch halte ich es für meine Pflicht, hier so viel zu sagen, als nothwendig ist, damit jeder Sachverständige sich selber von der Berechtigung meiner Angaben überzeugen könne.

Pettenkofer und Voit melden bedeutende Exhalationen von Kohlenwasserstoff und Wasserstoff bei Bedingungen, unter denen nach Regnault's classischen Analysen gar keine derartigen Exhalationen vorkommen. Pettenkofer und Voit rügen allerdings verschiedene Mängel an Regnault's Arbeit. Man kann wohl an jeder Arbeit Mängel finden; es fragt sich nur, ob diese Mängel für die Schlussfolgerungen von Belang sind. So sehr ich also die Berechtigung der Voit-Pettenkofer'schen Kritik in verschiedener Beziehung zugebe, ebenso bestimmt behaupte ich, dass die Regnault vorgehaltenen Mängel — vom Stickstoff abgesehen — irrelevant sind. Seit einer langen Reihe von Jahren habe ich nur immer mich aufs Neue zu überzeugen Gelegenheit gehabt, dass Regnault ein absolut zuverlässiger Naturforscher war, wie es Wenige gibt, und wofür er von den besten Physikern und Chemikern immer gehalten worden ist.

Pettenkofer und Voit fanden bedeutende Mengen von Wasserstoff und Kohlenwasserstoff bei Bedingungen, unter denen nach den Analysen Regnaults und nach denen von mir und meinen Schülern nur ganz geringe Exhalationen vorkommen.

Pettenkofer und Voit verzeichnen bei Beobachtungen, die sich über längere Zeiträume erstrecken, die Zahl 1 so sehr übersteigende Werthe des respiratorischen Quotienten, wie sie in zahllosen Analysen weder Regnault noch uns in Bonn jemals vorgekommen sind.

Der Grund dieser Fehler liegt an dem grossen Pettenkofer-schen Respirationsapparat, an der niemals direct ausgeführten Bestimmung des Sauerstoffverbrauches, auf den sich deshalb alle analytischen Fehler häufen und an der Kühnheit, trotzdem den Beobachtungsfehler mit

4000 ja 5000

zu multipliciren.

Da nun der respiratorische Quotient die Basis der Lehre von der Aufspeicherung des Sauerstoffes ist und in den genannten Untersuchungen aus angegebenen Gründen mit Werthen auftritt, die nicht vorkommen, so ist der Münchener Forscher Beweisführung hinfällig.

So sehr die grosse Arbeitskraft Voits und seine vielfachen Verdienste um die Lehre des Stoffwechsels Anerkennung verdienen, kann ich also doch, wo der von den Münchener Forschern beobachtete Werth des Sauerstoffverbrauches als Basis für Schlussfolgerungen benutzt werden soll, nur sagen, dass jener Werth mit einer sehr grossen Unsicherheit behaftet ist.

Nun beruft man sich ferner zum Erweise des aufgespeicherten Sauerstoffs auf das zeitweilige Ueberwiegen des Kohlensäurevolums über das gleichzeitig absorbirte Sauerstoffvolum. Ich habe schon oft genug darauf hingewiesen, dass man nicht weiss, wie viel locker- und festgebundene Kohlensäure in den Geweben fertig vorgebildet steckt. Säurebildungen könnten also immer plötzlich unbekannt grosse Mengen entbinden. Das widerspricht zwar dem, was man über den Gasgehalt der Gewebe weiss. Dieses Heft des Archivs wird aber den Physiologen die Augen öffnen und zeigen, wie begründet meine Zweifel waren. —

Ich entschloss mich also, einige Tastversuche mit meinen Methoden anzustellen und wählte erstens die Schnecke, an der Spallanzani seine berühmten Versuche machte und ferner den Muskel des Frosches, an dem Hermann zuerst bei seinen Forschungen über die Physiologie der Muskeln in dieses schwierige Gebiet vorzudringen versucht hat.

Versuch I.

Um ein thierisches Gewebe zu evacuiren, ist natürlich möglichste Zerkleinerung nothwendig.

Bei diesem ersten Versuche bediente ich mich eines chemischen Zerkleinerungsmittels, das zugleich den Vortheil bietet, das Entweichen der Kohlensäure zu verhindern, aber einen Nachtheil hat, der nachher gewürdigt werden soll.

29,6 gr Schnecke (Arion) werden in 70 ccm starke Kalilauge von Zimmertemperatur geworfen. Nachdem die fast vollständige Lösung eingetreten, Zusatz von destillirtem Wasser, bis das Volum von 200 ccm erreicht ist.

30 ccm der Lauge werden nun in der Pumpe mit Phosphorsäure ausgepumpt und die Kohlensäure bestimmt. Dasselbe geschieht mit einer Probe

von 10 ccm der angewandten Kalilauge, um den Gehalt an Kohlensäure zu finden, der in ihr schon vor dem Versuch enthalten war.

So ergab sich:

100 gr Schnecke lieferten 405 ccm Kohlensäure (0° und 0,76 m).

Es ist nicht in Abrede zu stellen, dass dieser ungeheuere Werth auch dadurch bedingt sein könnte, dass die Kalilauge zur Bildung von Kohlensäure Veranlassung gegeben hätte, was ebenfalls von grossem Interesse wäre und eine besondere Prüfung erheischt.

Versuch II.

38,8 gr Schnecken in Kältemischung von — 19° C. fest gefroren werden mit 50 ccm Kalilauge gleicher Temperatur übergossen. Da fast keine Lösung eintritt, stellte ich das Gefäss zum Aufthauen in das Zimmer bei einer Temperatur von 18° C. Während des Aufthauens lösten sich die Schnecken theilweise und gaben hierbei keine Lebenserscheinungen mehr zu erkennen. Am anderen Morgen war fast vollständige Lösung eingetreten. Die schlammige Masse wurde nun im Maasskolben auf 200 ccm verdünnt und davon 20 ccm also $^1/_{10}$ ausgepumpt nach Zusatz von Phosphorsäure. Unter Berücksichtigung der ursprünglich in der Kalilauge enthaltenen Kohlensäure ergab sich:

100 gr Schnecke lieferten 260 ccm Kohlensäure.

Versuch III.

Um nun zu prüfen, ob die grossen Massen von Kohlensäure etwa durch eine zersetzende Wirkung des Kali bedingt seien, wandte ich mich zur mechanischen Zerkleinerung der Schnecken. 32 gr Schnecken (Arion), im Eiskasten auf nahe 0° C. abgekühlt, werden in einer mit Wasser von 0° C. gefüllten und mit Gummihaut verschlossenen weithalsigen Flasche mit Hülfe einer Scheere möglichst fein zerkleinert, wobei die Scheere durch das Gummi gestossen worden, das sich in der Gegend des Charniers der Scheere während des Schneidens ziemlich gut an diese anlegte. In den nicht evacuirten Recipienten der Pumpe, der auf 0° abgekühlt war, wird der Schneckenbrei mit Hülfe eines weiten Trichters schleunigst eingefüllt und bei 0° evacuirt. Da nun möglicherweise sogar bei dieser niederen Temperatur Kohlensäure aus dem Brei entweichen könnte, leitete ich das evacuirte Gas durch eine Vorlage von Kalilauge von bekanntem Kohlensäuregehalt. Nachdem fast vollständig evacuirt war, wurde Phosphorsäure zugesetzt und erwärmt — erst auf 45° C., und als kein Gas mehr erhalten werden konnte, auf 81° C., was auch keinen Effect mehr hatte.

Ein Theil des Gases ist durch Säurezusatz ausgetrieben.

100 gr Schnecke lieferten 529 ccm Kohlensäure.

Versuch IV.

Der Versuch III zeigt, dass die grossen Kohlensäuremassen ihren wesentlichen Ursprung von einer zersetzenden Wirkung der Kalilauge nicht

ableiten. Es war nun die Aufgabe zu untersuchen, wie viel Kohlensäure sich durch blosse Evacuation ohne Säurezusatz bei Erwärmung bis auf 83° C. erhalten lasse.

17,1 gr Schnecke wie vorher in Eiswasser zerkleinert. Nach Einfüllen in die Pumpe wird der Recipient bei 0° evacuirt und die Luft durch Kali streichen lassen, um die bei 0° entweichende Kohlensäure zu binden. Dann wird auf 83° C. erhitzt und ohne Säurezusatz evacuirt. Das Pumpen dauert von 9½ Morgens bis 5¼ Uhr Nachmittags, wo nur noch wenig Gas zu erhalten war. Darauf Zusatz von 30 ccm verdünnter Schwefelsäure, von der 1 ccm entsprach 1,12 ccm Kohlensäure. Da diese Schwefelsäure eine nur ganz geringe Gasentwicklung zur Folge hatte, wurde starke ausgekochte Phosphorsäure hinzugefügt und stärkere Gasentwicklung beobachtet. Das Auskochen der Phosphorsäure hat den Zweck, die Kohlensäure, die zuweilen in der käuflichen Säure enthalten ist, auszutreiben.

Das Resultat war:

a) Durch Auspumpen ohne Säure bei 83° C. erhalten
27,53 ccm Kohlensäure . . . . = 160 Vol.-%

b) Durch Zusatz verdünnter Schwefelsäure 2,42 ccm }
c) Durch starke Phosphorsäure . . . 14,27 „ } = 100 Vol.-%

d) Hierzu kommt die bei 0° entwichene Kohlensäure,
welche von der Kalivorlage absorbirt war . . . = 96 Vol.-%

Also im Ganzen 356 Vol. %.

Versuch V.

Offenbar war also eine grosse Masse Kohlensäure an Basen gebunden in dem Thier enthalten. Um einen Anhalt über deren Menge zu gewinnen, wurden 18,6 gr. Schnecke in eiskaltem Wasser im Becherglase zerkleinert und mit Schwefelsäure (1 ccm = 1,12 ccm CO_2) titrirt; nach langem heftigen Kochen wurde durch 15 ccm Neutralität erhalten. Das würde 90,3 Volumprocent Kohlensäure in neutralen Salzen oder 180,6 Volumprocent in sauren entsprechen, die hier offenbar wenigstens zum Theil vorliegen.

Eine andere Titrirung in gleicher Weise ausgeführt ergab für 8 gr zerkleinerte Schnecke bei heftigem langen Kochen Neutralität bei 8 ccm Schwefelsäure, also 112 Volumprocent Kohlensäure in Neutralsalz und 224 Volumprocent in saurem Salz angenommen.

Alle bis jetzt beschriebenen Experimente sind an derselben Schneckenart (Arion) und zwar sowohl an der rothen als schwarzen Varietät angestellt. Diese kommt hier in Bonn in prachtvollen, mächtigen, zahllosen Exemplaren vor.

Aus diesen Versuchen ergibt sich, dass aus den Leibern der Schnecken ganz ausserordentlich grosse Kohlensäuremassen erhalten werden können, von denen ein sehr grosser Theil chemisch gebunden ist, zu dem gewiss auch die Kalkkörper im Mantelschilde

wesentlich beisteuren. Doch bleibt eine grosse Menge Kohlensäure, die nicht in Carbonaten von Alkalien nnd alkalischen Erden enthalten, und ebenso schwierig als einfach absorbirte angesprochen werden kann, was unser ganzes Nachdenken herausfordert.

Der sichere Schluss aber, welcher für unseren nächsten Zweck folgt, ist, dass Schnecken in Stickstoff oder Wasserstoff sehr beträchtliche Massen von Kohlensäure abdunsten können, ohne dass man daraus allein zu der Annahme des Weiterbestehens der Kohlensäurebildung berechtigt ist.

Die ganz colossalen und unerwarteten Massen der Kohlensäure veranlassten mich nun einen Schritt weiter zu gehen und den Froschmuskel auf seine Gase zu untersuchen.

Versuch VI.

12,9 gr Muskeln — durch Verbluten getödteter Frösche — wurden analog wie die Schnecken behandelt, zerkleinert, und der mit destillirtem Wasser aufgerührte Brei zuerst bei wenig über 0° C. liegender Temperatur ausgepumpt und die Luft des Recipienten durch die Lunge eines Kaliventiles geleitet, um die Kohlensäure zu absorbiren; dann wurde auf 80° C. erhitzt und als kein Gas mehr kam, Phosphorsäure zugesetzt, die keine Spur Kohlensäure mehr austrieb.

Die gesammte erhaltene Kohlensäure war = 8,54 ccm.

Also 100 gr Froschmuskeln lieferten 67,3 Volumprocent Kohlensäure.

Diese Versuche, deren Zahl klein ist, sind mit Methoden ausgeführt, die der Verbesserung sehr bedürfen. Aber es handelte sich um eine Recognoscirung. Sie hat genügt, den Blick zu eröffnen in ein neues grosses Gebiet und ist der Keim zu der folgenden Untersuchung, die ich Herrn Roderich Stintzing übergab.

(Physiologisches Laboratorium in Bonn.)

Untersuchungen über die Mechanik der physiologischen Kohlensäurebildung.

Von

Roderich Stintzing.

Hierzu Tafel V.

Einleitung.

In dieser Abhandlung soll die Streitfrage untersucht werden, ob die thierische Zersetzung und zwar die Kohlensäurebildung der von Pflüger aufgestellten Theorie gemäss in die Kategorie der Dissociationsprocesse oder wie Andere wollen in die der Gährung, resp. Fäulniss zu verweisen ist. Die heute allgemein angenommene Ansicht, dass Erhitzung lebendiger thierischer Gewebe auf über 45 bis 50° C. sofort alle weitere Bildung der Kohlensäure unterbreche, welche unterhalb dieser Temperatur auch im aus dem lebendigen Körper entfernten Muskel sich continuirlich erzeugt und die für die Milchsäure geltenden analogen Verhältnisse sprechen in der That mehr für die Fermentation als für die Dissociation. Unter Voraussetzung der Richtigkeit jener Thatsachen müssen die Vertreter der Dissociationstheorie die Annahme machen, dass hohe Temperatur eine andere Art der Spaltung der Molecüle einleitet.

Bei der principiellen Wichtigkeit der Frage forderte mich deshalb Herr Geh.-Rath Pflüger auf, jene durch ältere Methoden gewonnenen Thatsachen nach einer neuen Methode unter seiner Leitung zu bearbeiten und zunächst die Kohlensäure zum eigentlichen Forschungsobject zu wählen. Er schlug mir vor, die Kohlensäure durch Einbringen zerkleinerten Muskelbreies in siedendes Wasser auszutreiben, sie zu wägen und sodann durch Befolgung des unten

beschriebenen Untersuchungsplanes zu ermitteln, ob die erhaltene Kohlensäure präexistire oder erst durch die Hitze neu erzeugt sei.

Methode.

Den Ausgangspunkt aller Ueberlegungen bildete der von Pflüger aufgestellte Satz, dass die Kohlensäurebildung eine durch Wärme bedingte Spaltung — ein Dissociationsprocess sei. Was im Leben die durch Wärme und durch Innervation vom Centralorgan her in lebendige Kraft — in Atomschwingungen — umgesetzte intramoleculare Spannkraft bewirkt, das musste ceteris paribus aller Wahrscheinlichkeit nach auch ausserhalb des Organismus durch Wärmezufuhr bewirkt werden.

Es galt also, möglichst frischen Geweben Wärme zuzuführen in einer Weise, die keine Gelegenheit zur Fäulniss geben würde. Die Fäulnisstemperaturen liegen nun für Gewebe, die von ihrem Organismus getrennt sind, jedenfalls weit unter der Siedetemperatur des Wassers. Die dem physiologischen Vorgange am meisten entsprechende Temperatur des lebendigen Körpers liess sich also für unsern Zweck nicht verwerthen. Letzteren suchte ich nun zu erreichen, indem ich das Gewebe möglichst fein zerkleinerte und dann in eine überreichliche Menge siedenden Wassers (1 Liter) warf, in welcher die kleinen Theilchen, ohne die Temperatur wesentlich herabzusetzen, die Siedhitze sofort selbst annehmen mussten.

Von den entweichenden Gasen sollte nur die Kohlensäure berücksichtigt, diese aber nicht unter Quecksilber aufgefangen und gasometrisch bestimmt, sondern in Kalilauge gebunden und aus der Gewichtszunahme der letzteren ihrer Menge nach berechnet werden. Das Resultat wollte ich nachträglich noch durch gasometrische Analyse der Kalilauge controliren.

Zum Object meiner Untersuchungen wählte ich das Muskelgewebe, einestheils um immer hinreichende Gewebsmengen zu haben, anderestheils weil der Muskel einen bedeutenden Stoffwechsel vollzieht, ohne doch sehr rasch abzusterben, wenn er von dem lebendigen Körper getrennt wird. Die Muskeln nahm ich von ausgewachsenen Kaninchen, meist von den Hinterschenkeln, zuweilen auch vom Rücken.

Die Thiere verlieren, wenn man sie nach Durchschneidung des Halses etwa eine Minute kopfüber hängen lässt, den grössten

Theil ihres Blutes, während der Rest bei den übrigen mit den Muskeln vorgenommenen Manipulationen verloren geht. Das Lostrennen und Zerkleinern der Muskeln geschieht zur Vermeidung von Kohlensäure-Verlusten mit möglichst grosser Geschwindigkeit. Zur Zerkleinerung dienen in einigen Versuchen scharfe Messer und Scheeren, in den meisten jedoch Fleischhackmaschinen, wie sie in modernen Küchen gebraucht werden. Im Verlaufe der Versuchsreihe werden diese absteigend in drei verschiedenen Grössen angewendet. Zu den letzten Versuchen diente ein eigens für diesen Zweck von Hrn. Eschbaum in Bonn angefertigtes Exemplar en miniature. Nach der Zerkleinerung wird der Muskel sofort auf einer Schnellwaage abgewogen und in das siedende Wasser geworfen.

Vom Ideal ist diese Methode freilich noch etwas entfernt. Das Zerhacken und Zerschneiden muss wie der Heidenhain-sche mechanische Tetanomotor wirken, und wenn wir von diesem auch wissen, dass er schwächer und zerstörender wirkt als der elektrische Reiz, und dies von unsern Gewalten in noch viel höherem Grade gilt, so haben diese doch sicherlich im ersten Augenblick tetanisirende Wirkung. Der Tetanus hat aber wie wir nachweisen werden, die gleiche Wirkung wie die Wärme, d. h. er bildet im lebendigen Gewebe Kohlensäure. Daher kann, ehe der Muskel in die Siedhitze kommt, eine kleine Quantität Kohlensäure entweichen. Vollkommen wäre die Methode erst, wenn es gelänge, die Substanz sofort nach der Tödtung des Thieres in einem abgeschlossenen Raume, aus welchem die Gase aufgefangen werden, zu zerkleinern und alsdann zu kochen. Denn selbst das Zerkleinern im gefrornen Zustande, was ich ebenfalls wiederholt versuchte, gibt keine völlige Gewähr gegen das Entweichen kleiner Gasmengen, da immer Stunden verstreichen, bis ein in Kältemischung gelegtes Thier durch und durch gefroren ist. An dem gleichen Mangel leiden in noch verstärktem Masse diejenigen Versuche, bei welchen eine viele Stunden währende Vorbehandlung der Substanz nöthig war und bei welchen es mir nicht gelang, die Temperatur constant unter 0° zu erhalten.

Die Resultate meiner Versuche wollen daher auch keinen Anspruch erheben auf absolut genaue, quantitativ-constante Werthe: sie gestatten aber, da ihnen allen derselbe kleine Mangel in der Methode mehr oder weniger zu Grunde liegt, eine Vergleichung

ihrer Werthe unter sich. Die grossen Differenzen hinwiederum, welche sich bei dieser Vergleichung herausstellen, gestatten die Aufstellung unzweifelhaft richtiger Sätze.

Zur Ausführung des eben dargelegten Planes war die Herstellung eines etwas complicirten Apparates erforderlich, welchen ich zunächst zum besseren Verständniss meiner Methode beschreiben werde.

Der Apparat (s. Tafel V) ist durch die ganze Versuchsreihe hindurch im Princip der gleiche gewesen, wenngleich er sich durch Einschaltung neuer unwesentlicher Theile, die sich im Verlaufe der ersten Versuche als zweckmässig erwiesen, erst zu der Vollständigkeit entwickelt hat, in welcher er im Nachstehenden geschildert wird. Nach dem oben entworfenen Plane besteht seine Aufgabe im Wesentlichen aus drei Punkten:

I. Austreibung der Kohlensäure aus den Geweben durch die Siedhitze;

II. Auffangen der Kohlensäure in Kalilauge, zu welchem Behufe nothwendig ist:

III. die Fortbewegung der Kohlensäure durch den Apparat.

In einer ca. 2 Liter fassenden Kochflasche (A) wird 1 Liter destillirtes Wasser zum Sieden erhitzt. Die Flasche trägt oben in ihrer Mitte einen senkrechten Hals (a) von ca. 3 cm Durchmesser und neben diesem einen gleich weiten schräg aufsteigenden Hals (a_1). Ersterer dient zur Aufnahme der zu untersuchenden Substanz, letzterer zum Entweichen des entwickelten Gases. Gleich beim ersten Versuche zeigte sich die Gasentwicklung beim Hineinwerfen der Muskeln in das siedende Wasser so stürmisch, dass jedenfalls schon Gas entwichen war, ehe es gelang, die Kochflasche durch einen Gummistopfen oben zu verschliessen. Diesem Uebelstande wurde in den späteren Versuchen folgendermassen abgeholfen. Auf dem senkrechten Halse (a) der Flasche wird ein Gummischlauch (b) von der Weite des Halses und ca. 20 cm Länge fest gebunden, welcher nach oben in einen Glascylinder (c) von gleichem Lumen und ca. 12 cm Länge übergeht. Ist das Wasser vor dem Beginne des Versuchs auf den Siedepunkt gebracht, so wird der Gummischlauch an seinem unteren Ende mit einer Pflüger-schen Schnabelklemme (d) verschlossen. Die zerkleinerte, abgewogene und dann in kaltem destillirten Wasser zertheilte Muskelmasse wird von oben in den Glascylinder (c) hineingegossen und

erfüllt diesen sowie den Schlauch. Nun wird das obere Ende des Cylinders mit einem Gummistopfen (e) fest verschlossen, und die Schnabelklemme geöffnet. Das Wasser stürzt mit den Gewebstheilchen in das siedende Wasser hinab, ohne dass eine Spur von Gas anders als durch den schrägen Hals der Flasche entweichen kann. Die am Schlauche kleben bleibenden Gewebsstückchen werden durch Quetschen und Streichen des Schlauches mit der Hand nachbefördert. Während der eben beschriebenen Manipulation empfiehlt es sich, einen Dreibrenner zur Erwärmung der Kochflasche anzuwenden, damit durch das Eindringen des kalten Wassers und der Substanz keine erhebliche Herabsetzung der Siedetemperatur erfolgt. Ist der Versuch im Gange, so genügt ein einfacher Brenner, um das Wasser kochend zu erhalten.

Beweis, dass die Gewichtszunahme des Kaliapparates durch Kohlensäure bedingt ist: Die entwickelte Kohlensäure wird in einer unten beschriebenen Kalivorlage (H) absorbirt. Aus der Gewichtszunahme dieser Vorlage während des Versuchs soll nachher die Menge der absorbirten Kohlensäure berechnet werden. Es ist daher Sorge dafür zu tragen, dass nicht durch andere Gase eine Gewichtszunahme bewirkt wird. Kalilauge absorbirt ausser Kohlensäure von hier in Betracht kommenden Gasen nur noch Wasserdampf, Schwefelwasserstoff und Cyanwasserstoff. Untersuchungen, die an der zu den Versuchen benutzten Kalilauge angestellt wurden, ergaben in Bezug auf Cyanwasserstoff-Reactionen ein negatives Resultat. War dieser also auszuschliessen, so wurde hingegen Schwefelwasserstoff bisweilen am Geruch beim Auseinandernehmen des Apparates am Ende des Versuchs, sowie an einem schwarzen Ueberzug auf einem unten zu erwähnenden Quecksilberventil (E) erkannt. Indess trat er nicht immer und nur in so geringer Menge auf, dass der grösste Theil, wenn nicht die Gesammtmenge vom Quecksilber gebunden wurde, und wenn eine Spur in die Kalilauge überging, diese bei der Berechnung nicht in Betracht gezogen zu werden brauchte. (Den stricten Beweis dafür erbringt Vers. XVIII u. XIX Anhang.) Die Schwefelwasserstoffspuren stammten aus dem vulkanisirten Gummi. Gegen Cyanwasserstoff und Schwefelwasserstoff bedurfte es also keiner Vorkehrungen. Wohl aber musste mit grösster Sorgfalt aller Wasserdampf aus der Kochflasche, ehe er die Kali-

vorlage erreichen konnte, verdichtet und möglichst in die Kochflasche zurückbefördert werden. Dazu dienten:

1) Kühler (B eni),
2) eine Destillirflasche (C),
3) eine grössere Chlorcalcium-Vorlage (F),
4) eine kleinere „ „ (G).

Durch einen im schrägen Halse der Kochflasche (a_1) befestigten Gummistopfen steigt ein Glasrohr (f) von ca. 1 cm Durchmesser steil empor und geht mit einer Gummiverbindung in ein gleich weites weniger steil verlaufendes Glasrohr (g) über, welches von dem Kühler (B) umgeben ist. In diesen beiden Rohren werden die aus der Kochflasche aufsteigenden Wasserdämpfe niedergeschlagen; das Destillat fliesst in die Flasche zurück. Es war zu diesem Zwecke nothwendig, weite Rohre zu wählen und ein starkes Gefälle anzuwenden, da ein Vorversuch bewiesen hatte, dass andernfalls der Dampf das abfliessende Wasser zurückschleuderte.

Hinter dem Kühler biegt die Leitung senkrecht nach unten um und setzt sich mittelst eines Gummischlauchs in ein etwas engeres Glasrohr (h) fort, welches in den senkrechten, mit Gummi verschlossenen Hals (i) einer Flasche (C) mündet. Diese Flasche dient zum Auffangen desjenigen Wassers, welches etwa trotz des Kühlers überdestilliren könnte, ein Fall, der sich bei den ersten Versuchen, wo die Uebung in der Ueberwachung des arbeitenden Apparates noch fehlte, bisweilen ereignete. Neben dem erwähnten senkrechten Halse (i) trägt die Destillirflasche einen schräg aufsteigenden, ebenfalls mit Gummi verschlossenen Hals (k), aus welchem der Luftstrom durch ein enges im stumpfen Winkel gebogenes Glasrohr (l) hervorgeht.

Zur weiteren Sicherung vor mitgerissenen Wasserdämpfen tritt der Strom nunmehr in ein grosses U-förmiges mit dazwischen eingeschalteten Kugeln versehenes Glasgefäss (F), welches mit Chlorcalcium gefüllt ist. Da indess die Möglichkeit mit absoluter Sicherheit nicht auszuschliessen war, dass trotz aller dieser Vorkehrungen, wenn etwa nicht hinreichend abgekühlte Luft mit zu grosser Geschwindigkeit durch den Apparat strömte, doch noch Wasserdampf würde mitgerissen werden, schien es nothwendig, zur Controle noch eine vierte Massregel zu treffen. Als solche wird eine kleine Chlorcalcium-Vorlage (G) in die Leitung einge-

der atmosphärischen Kohlensäure zu verhindern, befindet sich hinter der Barytvorlage noch ein Glasröhrchen, welches in ein mit Wasser gefülltes Glas (L) taucht.

Die durch das siedende Wasser entwickelte Kohlensäure muss aus der Kochflasche in die Kalilauge langsam fortgeschafft werden. Hiezu wird ein Luftstrom langsam und continuirlich durch den Apparat hindurchgetrieben, welcher gleichzeitig den Vortheil bietet, die Kohlensäure in stark verdünntem Zustande durch die Kalilauge der Vorlage H zu leiten. Zu diesem Zwecke dient eine einfache, leicht regulirbare Druckvorrichtung. Zwei gleich grosse, ca. 4 Liter haltige Flaschen tragen an ihrem oberen Ende weite offene Hälse, seitlich von ihrem Boden je eine engere Oeffnung, von welcher aus beide Flaschen durch einen Gummischlauch (o) mit einander communiciren. Die eine der Flaschen (M) bleibt oben offen, ist mit Wasser gefüllt und wird dem Druckbedürfniss entsprechend beliebig hoch gestellt; die andere (M_1) steht tief, ist anfangs leer, und wird mit einem durchbohrten Gummistopfen verschlossen, aus welchem ein Glasrohr und ein daran befestigter Gummischlauch (p) die Luft ausströmen lassen. Das Wasser strömt aus der hochgestellten Flasche durch den communicirenden Schlauch (o) in die untere und comprimirt hier die Luft, d. h. sucht sie auszutreiben durch obigen in den übrigen Apparat führenden Schlauch (p). Hinter diesem befindet sich ein Glashahn (q), der geschlossen wird, sobald die untere Flasche vollgelaufen ist. Ist letzteres der Fall, so wird der Druck wiederhergestellt durch Vertauschung der Flaschen. Damit die durch den Apparat zu treibende Luft frei von Kohlensäure ist, wird sie erst durch eine mit Kalilauge gefüllte Flasche (N) getrieben, ehe sie in die Kochflasche gelangt.

Ferner mussten Massregeln getroffen werden zur Regulirung des Luftstroms. Dieser durfte erstens nur in Einer Richtung gehen und zweitens nur eine mässige Geschwindigkeit besitzen.

In erster Beziehung könnte sich einerseits ereignen, dass bei der Erwärmung und Gasbildung die Tension in der Kochflasche so rapide zunähme, dass sie die ihr in der Stromrichtung gesetzten Widerstände nicht rasch genug überwinden könnte und nun sich rückwärts gegen die Kaliflasche (N) hin Bahn bräche. Dieser Fall ereignete sich mehrmals bei Beginn des Versuchs, wenn die Spalte in dem gleich zu erwähnenden Bunsen'schen Ventil verklebt war.

Es wird daher zwischen der Kaliflasche und der Kochflasche ein Quecksilber-Ventil (O) von niedrigem Niveau eingefügt. Aus diesem führt ein Glasrohr (r) bis in die Höhe des über der Kochflasche angebrachten Cylinders (c) und geht in einen dünnen Schlauch (s), dieser wiederum in ein Glasrohr (t) über, welches durch den auf dem Cylinder sitzenden Gummistopfen (e) in den oben beschriebenen weiten Schlauch (b) hineinreicht. Der erwähnte dünne Schlauch hat den Zweck, das Oeffnen und Schliessen des Cylinders mit dem Gummistopfen (e) zu ermöglichen; um ihn ist noch eine Klemmschraube (u) gelegt, welche zugedreht wird, sobald aus dem Rücksteigen des Quecksilbers im Ventil (O) ersichtlich wird, dass der geschilderte Rückdruck von der Kochflasche her statt hat. Letzterem wird gleichzeitig dadurch gesteuert, dass der Dreibrenner niedergedreht, oder durch einen einfachen Brenner ersetzt wird.

Andrerseits konnte durch Abkühlung, sei es durch Regulirung der Flamme, sei es durch zu plötzliche Abkühlung seitens des Kühlers oder dgl., eine Contraction der im Apparat befindlichen Luft und Kohlensäure oder eine Condensation des Wasserdampfes stattfinden: diese musste naturgemäss einen Rückstrom vom Ende des Apparates nach der Kochflasche hin, folglich auch ein Rücksteigen des Barytwassers und der Kalilauge nach den davor befindlichen Chlorcalcium-Vorlagen bewirken. Es musste also vor der Kalivorlage noch ein Ventil angebracht werden. Dieses erhält seinen Platz zwischen der Destillirflasche (C) und der grossen Chlorcalcium-Vorlage (F) in folgender Weise. Das aus der genannten Flasche hervorgehende Glasrohr (l) führt in ein wagerecht hängendes Bunsen'sches Gummiventil (D). Es wurde gerade diese Art von Ventil gewählt, weil dasselbe der Stromrichtung keinen so grossen Widerstand entgegensetzt wie ein selbst niedriges Quecksilber-Ventil, auf der anderen Seite aber gegen den Rückstrom eine noch grössere Sicherheit bietet wie letzteres. Dennoch aber ereignete sich einmal ein solcher Rückstrom bei den Vorbereitungen zu einem meiner Versuche, indem sich wahrscheinlich irgend ein im Luftstrom mitgerissener Fremdkörper in den Spalt des Gummischlauchs einklemmte. Solcher Eventualität fernerhin vorzubeugen, legte ich daher hinter dem Gummi-Ventil noch ein Noth-Ventil von Quecksilber (E) ein. Jedoch wurde dieses so eingerichtet, dass es — für gewöhnlich ausser Dienst — nur im Nothfall durch

Einsenken des Glasrohrs in das Quecksilber in Dienst gestellt werden konnte. Das Quecksilber hatte gleichzeitig den Neben-Effect, die vorbeistreichenden Schwefelwasserstoff-Dämpfe zu binden, welche sich in Folge der vielen Gummiverbindungen des Apparates bildeten, so oft dieselben erneuert werden mussten. Wurde das Quecksilber regelmässig erneuert, sobald sich der Spiegel geschwärzt hatte, so gelang es in der That, den grössten Theil der ohnedies minimalen Menge Schwefelwasserstoffs festzuhalten (cf. Vers. XVIII und XIX Anhang), jedenfalls aber die Anwesenheit dieses Gases mit Sicherheit zu constatiren, resp. auszuschliessen (cf. oben).

Zur Regulirung der Geschwindigkeit des Luftstroms dient 1) der oben erwähnte Glashahn (q) zwischen der unteren Luftflasche (M_1) und dem Kaliventil (N), dessen mehr weniger vollständige Schliessung den Druckeffect von seinem Maximum auf sein Minimum einschränken kann. Ferner befindet sich 2) an der Gummiverbindung zwischen der grossen (F) und kleinen Chlorcalcium-Vorlage (G) eine Klemmschraube (v), durch deren Schliessung oder Oeffnung ebenfalls der Luftstrom beliebig verlangsamt, resp. beschleunigt werden kann.

Diese Klemmschraube wird vor Beginn des Versuchs vollständig geschlossen, damit während des Kochens vor dem Einbringen des Versuchsobjectes nicht unnützer Weise Luft durch die Kalilauge streicht. Damit letztere aber entweichen kann, ist vor der genannten Klemmschraube, hinter der grossen Chlorcalcium-Vorlage ein T-Rohr (w) eingeschaltet, an welchem sich ein Glashahn (x) befindet. Dieser wird also vor dem Versuch geöffnet.

Diese Seitenleitung kann auch während des Versuchs benützt werden zur Controle der Kohlensäureentwicklung. Das T-Rohr ist nämlich an seinem unteren offenen Ende nach oben umgebogen und kann in einer Schaale unter Quecksilber in ein mit Quecksilber (y) und Barytwasser (z) gefülltes Rohr (P) geführt werden. Lässt man nach Schliessung der Klemmschraube (v) durch Oeffnen des Hahnes (x) einige Luftblasen im Rohre aufsteigen, so muss sich das Barytwasser, so lange der Apparat noch Kohlensäure producirt, weiss trüben.

Zum Schlusse möchte ich nicht unerwähnt lassen, dass ich mich auch von der Dichtigkeit des Apparates hinlänglich überzeugt habe. Ich verschloss das Ende der Leitung und machte

mir an der tiefstehenden Druckflasche in der Höhe des Wasserniveaus eine Marke. Nach 24 Stunden war das Niveau nur um etwa 3 cm gestiegen. Es war also nur eine sehr geringe Luftmenge unter dem Druck der beträchtlich hohen Wassersäule entwichen, und ein Theil der entwichenen Luft ist sicherlich auf Rechnung der durch den Druck allmählich ausgedehnten zahlreichen Gummiverbindungen des Apparates zu bringen. Erwägt man, dass während der Versuche der Druck auf die Wandungen für gewöhnlich geringer war, da ja die Luft entweichen konnte, dass ferner die Versuche nur wenige Stunden dauerten, so kann man annehmen, dass durch die Wandungen der Leitung gar keine oder höchstens eine äusserst geringe Quantität Luft entwichen ist. Ist diese schon minimal, so gilt dies noch in viel höherem Grade für die geringe Menge Kohlensäure, mit welcher die Luft geschwängert ist.

Die Methode der Kohlensäure-Bestimmung, wie sie der Apparat gestattet, ist also eine vollständig exacte, und liesse sich selbst zu genauen quantitativen Bestimmungen, auf welche meine Arbeit keinen Anspruch erheben will, mit grosser Sicherheit verwerthen.

Zur Methode seien noch einige Bemerkungen über die gasometrischen Controlbestimmungen gestattet.

Der Inhalt des Geissler'schen Kali-Apparates wird nach jedem Versuch in eine gut verkorkte Arzneiflasche ausgeleert, desgleichen ein Quantum destillirten Wassers, mit welchem der Apparat nachgespült wird. Zum Evacuiren der Gase dient die Pflüger'sche Quecksilberpumpe. Der Recipient wird im Wasserbade von ca. 50° erwärmt und mit so viel Phosphorsäure gefüllt, dass nach Einführung der zu analysirenden Kalilauge noch ein Ueberschuss freier Phosphorsäure vorhanden ist. Nachdem erst die Phosphorsäure ausgepumpt ist, wird die Kalilauge der einzelnen Versuche eingesogen und das durch Pumpen entwickelte Gas (Kohlensäure und Spuren von Luft) in Absorptionsrohren über Quecksilber aufgefangen, das Gesammt-Volumen und darauf das Volumen des Gases nach Absorption mit Kalilauge abgelesen und berechnet. Für die Tension der Kalilauge wird der von Pflüger berechnete Procentwerth in Rechnung gezogen: 42,22 % des Wasserdampfes. Da ausser Kohlensäure kein von Kalilauge absorbirbares Gas entwickelt wurde, wie Vers. XVIII und XIX (cf. unten) beweisen, so muss die Differenz der gefundenen Volumina die Menge der

in der Kalilauge enthaltenen Kohlensäure angeben. Selbstredend muss aber zur Ermittelung der während des Versuchs gewonnenen Kohlensäure von dem im Rohr abgelesenen Volumen diejenige Kohlensäuremenge abgezogen werden, welche schon vor dem Versuch in der Kalilauge enthalten ist. Von den verschiedenen in der Versuchsreihe verwendeten Kalilauge-Präparaten wird daher jedesmal eine Probe ausgepumpt und ihr specifisches Gewicht bestimmt. Die Berechnungen der in diesen Proben enthaltenen Kohlensäuremenge pro 1 gr sind im Anhang den Versuchen, zu welchen die der betreffenden Probe entsprechende Kalilauge diente, vorausgeschickt. Damit eventuell mehrere Analysen derselben Versuchs-Kalilauge gemacht werden können, wird sie in den meisten Versuchen (bis Vers. XVII) stark verdünnt und ein aliquoter Theil davon ausgepumpt. Auch liess ich anfangs immer eine grössere Anzahl von Versuchen sich anhäufen, um die Analysen en masse vorzunehmen. Die beiden letzten Verfahren erweisen sich jedoch als unzweckmässig und werden aus gleich zu erörternden Gründen verlassen.

Die durch die volumetrische Berechnung erhaltenen Werthe fallen nämlich, wie unten ersichtlich und oben bereits bemerkt, fast durchgehends höher aus als die der Gewichtsbestimmungen. Vergleicht man aber nur die Kohlensäurewerthe des ausgepumpten aliquoten Theils mit demjenigen, welchen der entsprechende aliquote Theil der Gewichtsbestimmung ergeben würde, so handelt es sich um nur geringe Differenzen von 0,098—1,08 ccm, die innerhalb der erlaubten Fehlergrenzen liegen.

Der Umstand aber, dass constant die gasometrische Berechnung höhere Werthe geliefert hat, lässt darauf schliessen, dass die Kalilauge vielleicht durch die Länge der Aufbewahrungszeit (es verstrichen zwischen den Versuchen und Auspumpungen oft 4 Wochen) und jedenfalls bei dem wiederholten Ueberfüllen, wobei sie ja Gelegenheit hatte aus Luft und Athem Kohlensäure aufzunehmen, geringe Mengen Kohlensäure absorbirt haben musste.

Um daher zu constatiren, dass die Gewichtsbestimmungen richtig seien, und dass der Fehler bei der volumetrischen Bestimmung hauptsächlich in dem grossen Multiplicator bei der Berechnung der Procente zu suchen sei, pumpte ich in Versuch XVII einmal die Hälfte der Flüssigkeit aus. Da zu diesem Versuche 25 gr Muskel gedient hatten, war zur Berechnung der Volumprocente das

gefundene Volumen nur mit 8 zu multipliciren. Das Resultat war sehr viel besser als das der vorher gemachten Auspumpung des 10. Theils, bei welcher 40 der Multiplicator war. Indess selbst bei dieser Analyse stellte sich ein Plus von 5 Volumprocent gegen die Gewichtsbestimmung heraus. Es war also noch grössere Vorsicht geboten.

In den folgenden Versuchen (XVIII—XXII), die hauptsächlich der gasometrischen Analysen wegen angestellt wurden, wog ich zur Untersuchung immer 50 gr ab, und pumpte nachher die Gesammtmenge, in Versuch XXII die Hälfte der Kalilauge aus. Um längeres Stehen und wiederholtes Umgiessen zu vermeiden, vollführte ich die Auspumpung möglichst bald nach der Wägung und füllte die Kalilauge direct aus dem Apparat in den Recipienten über. Die Abweichungen der gasometrischen von den Berechnungen durch Wägung würde, in Volumprocent ausgedrückt, bei diesen Versuchen zwischen 0,1 und 2,7 liegen, wobei das Plus immer auf Seite der ersteren liegt. Solche Differenzen liegen innerhalb nicht zu vermindernder Fehlerquellen und beweisen, dass die Gewichtsbestimmungen richtig sind. Diese sind daher in dem folgenden Abschnitte allein berücksichtigt und meinen Beweisen zu Grunde gelegt worden.

Untersuchung.

Vor Beginn jedes Versuchs wird zuerst der Geissler'sche Kali-Apparat nebst Chlorcalciumrohr leer, alsdann gefüllt gewogen behufs Ermittelung des Gewichts der zum Versuche dienenden Kalilauge, da die Kenntniss desselben bei den volumetrischen Berechnungen (Anhang) gebraucht wird; ebenso vor und nach jedem Versuch die beiden Chlorcalcium-Vorlagen. Da diese jedoch stets nur äusserst minimale Gewichtszunahme zeigten (cf. Methode), ist die Veröffentlichung der Zahlen überflüssig. Endlich wird kurze Zeit nach Beendigung, zuweilen auch nach Unterbrechungen des Versuchs abermals der Kali-Apparat gewogen, und aus seiner Gewichtszunahme das Volumen der Kohlensäure berechnet nach dem von Bunsen für die geographische Breite und Meereshöhe von Berlin [1]) angegebenen Reductionswerth: 1000 ccm Kohlensäure = 1,9666 gr.

1) Bunsen, Gasometrische Methoden Taf. VIII.

Die ganze Versuchsreihe zerfällt in folgende 4 Kategorien der Untersuchungen der Kohlensäurebildung durch Siedhitze:

A. am unveränderten Muskel,

B. am Muskel, der längere Zeit mit Säure behandelt wurde,

C. am Muskel, der längere Zeit der Wärme ausgesetzt war,

D. am tetanisirten Muskel.

A. Analysen zur Bestimmung der Kohlensäure im unveränderten Muskel.

Unter unverändertem Muskel verstehe ich der Kürze des Ausdrucks halber denjenigen, welcher nicht den sub B, C und D verzeichneten Einwirkungen ausgesetzt war. An derartigen Muskeln stellte ich meine Versuche wiederum in drei Modificationen an:

1) an frischen, d. h. unmittelbar nach der Tödtung des Thieres ausgeschnittenen Muskeln,

2) an Muskeln, die längere Zeit einer niedrigen Temperatur ausgesetzt waren,

3) an in der Kälte conservirten, gefrornen Muskeln.

1) Versuche am frischen Muskel.

Versuch I.

Muskeln von einem Hinterschenkel werden mit Messern auf Korkunterlage in möglichst kleine Stückchen zerschnitten. Tödtung und Verblutung des Thieres, Ausschneiden, Zerkleinern und Wägen der Muskeln dauert 4 Minuten.

Abgewogen $42^1/_2$ gr. Dauer des Kochens 2 Stunden.

Gewichtszunahme der Kalilauge: 0,1311 gr.

$42^1/_2$ gr geben also 66,66 ccm Kohlens. = **156,8** Vol.-% Kohlensäure.

Versuch II.

Gleiche Anordnung wie in Versuch I.

Abgewogen 51 gr. Dauer des Kochens 2 Stunden.

Gewichtszunahme der Kalilauge 0,0817 gr.

51 gr geben also 41,54 ccm = **81,4** Vol.-% Kohlensäure.

Versuch III.

Muskeln von beiden Hinterschenkeln. Zerkleinerung mit einer mittelgrossen Fleischhackmaschine. Vorbereitungen dauern 5 Minuten.

Abgewogen 89 gr. Kochen dauert 2 Stunden.

Gewichtszunahme der Kalilauge 0,0870 gr.

89 gr geben also 44,24 ccm = **49,7** Vol.-% Kohlensäure.

Anm. Die angewandte Maschine bedurfte zu ihrer Füllung so bedeutende Muskelmassen, wie sie aus zwei Kaninchenschenkeln kaum gewonnen werden

konnten. Da die Füllung der Maschine über ein gewisses Maass nicht vermehrt werden konnte, so floss aus ihr nur eine geringe Quantität zerkleinerter Masse aus. Um daher mit einer grössern Menge arbeiten zu können, nahm ich von der unvollständig zerkleinerten Masse zwischen den Zähnen der Maschinen hinzu. Hieraus erklärt sich der relativ niedrige Werth dieses Versuchs. Denn die folgenden Versuche beweisen, dass bei unvollkommener Zerkleinerung die Kohlensäure erst nach längerem Sieden entweicht.

Da es wahrscheinlich ist, dass während des zweistündigen Kochens der ersten Versuche nicht alle Kohlensäure entwickelt oder ausgetrieben worden ist, wird die Substanz in Vers. IV—IX längere Zeit und mit Unterbrechungen gekocht. Die Unterbrechungen dienen zur Feststellung der Gewichtszunahme.

Versuch IV.

Gleiche Anordnung wie in Versuch III. Muskelmasse aber vollkommener zerkleinert. Das Kochen geschieht in zwei Stadien: erst 2 Stunden lang, und nach 14stündiger Unterbrechung, während welcher die Substanz in der hermetisch verschlossenen Kochflasche in ausgekochtem Wasser verweilt, also der Fermentwirkung nicht ausgesetzt ist, abermals 2 Stunden.

Abgewogen 25 gr.

Gewichtszunahme der Kalilauge im 1. Kochstadium . . .	0,0666 gr.
" " " " " 2. " . . .	0,0160 "
Summa . .	0,0826 gr.

25 gr geben also 42,00 ccm = 168,0 Vol.-% Kohlensäure.

Im zweiten Kochstadium wurden gewonnen 8,14 ccm = 32,6 Vol.-%.

Die nun folgenden 3 Versuche sind der Zeit nach die letzten der Reihe. Sie wurden in der Absicht unternommen, noch Gelegenheit zu einigen gasometrischen Analysen zu geben, da die Resultate der letzteren (s. Methode) nicht vollkommen befriedigten. Während ihr Zweck also ist, die Richtigkeit der Kohlensäure-Berechnung aus der Gewichtszunahme darzuthun, fallen sie ihrem Wesen nach in die erste Kategorie meiner Versuchsreihe und werden daher gleich hier angeführt.

Versuch XX.

Muskeln beider Hinterschenkel. Zerkleinerung mit der bei der Methode erwähnten Hackmaschine en miniature. Dauer der Vorbereitungen 10—15 Min.

Abgewogen 50 gr. Dauer des Kochens 2 Stunden.

Gewichtszunahme der Kalilauge 0,0712 gr.

50 gr geben also 36,20 ccm = 72,4 Vol.-% Kohlensäure.

Versuch XXI.

Am Ende dieses Versuchs bemerkte ich eine Undichtigkeit am Appa-

rate. Der Versuch ist daher zur Statistik nicht zu verwenden, wird aber aus obigem Grunde für die volumetrische Controle aufgeführt.

Gewichtszunahme der Kalilauge 0,0381 gr = 19,37 ccm Kohlensäure.

Versuch XXII.

Gleiche Anordnung wie in Vers. XX. Vorbereitungen dauern 8 Min. Abgewogen 50 gr. Dauer des Kochens 2 Stunden.

Gewichtszunahme der Kalilauge 0,0989 gr.

50 gr geben also 50,29 ccm = 100,6 Vol.-% Kohlensäure.

Stellen wir nun die Resultate der 6 angeführten Versuche zusammen, so bemerken wir grosse Differenzen, die zwischen 50 und wenn wir den ungünstig angeordneten Vers. III ignoriren, immer noch zwischen 72 und 168 Vol.-% fallen. Wie bereits erwähnt, hängt das Entweichen der Kohlensäure von zwei sich gegenseitig bedingenden Factoren ab: von der Vollständigkeit der Zerkleinerung und von der Dauer des Kochens. Während letztere bekannt ist, bleibt der erste Factor unbestimmbar; wir haben also einen bekannten Factor mit einem unbekannten zu multipliciren, woraus sich zum Theil die bedeutenden Schwankungen unserer Werthe erklären. Auf der anderen Seite aber sind sie auf die Unvollkommenheit der Technik zu beziehen, insofern sowohl beim Zerkleinern als (in den ersten Versuchen) beim Hineinwerfen der Substanz in das siedende Wasser unbestimmbare Mengen Kohlensäure entweichen können; endlich auch auf die verschiedene Individualität der Kaninchen und der Muskeln.

Die obwaltenden kleinen Mängel fallen bei der Rechnung wie begreiflich zu meinen Ungunsten aus. Ich darf daher wohl wagen, aus den bisherigen Versuchen den Schluss zu ziehen, dass die auf den Muskel einwirkende Siedhitze sehr bedeutende Mengen Kohlensäure liefert, die jedenfalls über dem von mir gefundenen Mittelwerth von 105 Vol.-% liegen.

Tabelle der Versuche.

Nr. des Versuchs.	Kohlensäure in Vol.-%.
I.	156,8
II.	81,4
III.	49,7
IV.	168,0
XX.	72,4
XXII.	100,6
Mittelwerth	104,8

Es fragt sich nun: Ist die durch Siedhitze entwickelte Kohlensäure nicht schon frei im Muskel vorhanden gewesen? Es spricht dagegen der folgende Versuch.

2) Versuch am Muskel, der längere Zeit einer niedrigen Temperatur ausgesetzt war.

Versuch V.

Zur möglichsten Vermeidung individueller Verschiedenheiten werden von dem nämlichen Kaninchen, welches zu Vers. IV diente, die Muskeln des andern Hinterschenkels benützt. Das getödtete Thier hat einen vollen Tag in Zimmertemperatur (c. 15° C.) gelegen. Die Zerkleinerung in der grossen Maschine gelingt mit dem längst abgestorbenen Muskel noch vollkommener wie mit dem frischen. Zum Entweichen der etwa vorhandenen freien Kohlensäure ist also durch diesen Umstand sowohl, als durch das lange Liegen die beste Gelegenheit gegeben.

Abgewogen 36 gr. Kochen wie in Versuch IV.

Zunahme der Kalilauge im 1. Kochstadium . . . . 0,0778 gr

" " " " 2. " . . . . 0,0039 "

Summa . . . 0,0817 gr

36 gr geben also 41,54 ccm = 115,4 Vol.-% Kohlensäure.

Im 2. Kochstadium wurden gewonnen 1,98 ccm = 5,5 Vol.-%.

Die im Vergleich mit Vers. IV geringe Zunahme der Kohlensäure beim Nachkochen (5,5 : 32,6 Vol.-%) findet ihre Erklärung in der gründlicheren Zerkleinerung, welche ein rascheres Entweichen der Kohlensäure gestattete.

Die grosse Differenz von 53 Vol.-%, welche die am gleichen Thier angestellten Versuche IV und V aufweisen, spricht nur dafür, dass die während 24 Stunden auf den Muskel einwirkende Zimmertemperatur Kohlensäure in ihm gebildet hat, die in so langer Zeit und während des Zerkleinerns zum Theil entwichen ist. Es scheinen also niedrige Temperaturen bei lange anhaltender Einwirkung denselben Effect zu äussern wie hohe in kürzerer Zeit. Die Differenz ist aber viel zu gering, um für das Vorhandensein freier Kohlensäure im Muskel zu sprechen. Wäre letztere frei gewesen, so hätten schwerlich noch 105 Vol.-% zurückbleiben können. Der strenge Beweis folgt später.

3) Versuche an in Kälte conservirten Muskeln.

Versuch X.

Thier einige Stunden in Kältemischung gebracht. Muskeln in gefrorenem Zustande zerkleinert mit der kleinsten Sorte von Küchenhackmaschinen.

Abgewogen 25 gr. Dauer des Kochens $2^1/_2$ Stunden.
Gewichtszunahme der Kalilauge 0,0373 gr.
25 gr geben also 18,96 ccm = 75,8 Vol.-% Kohlensäure.

Versuch XII.

Gleiche Anordnung wie in Versuch X.
Abgewogen 25 gr. Dauer des Kochens 2 Stunden.
Gewichtszunahme der Kalilauge 0,0356 gr.
25 gr geben also 18,10 ccm = 72,4 Vol.-% Kohlensäure.

Die beiden Versuche lehren, dass Kälte dem Muskel die Fähigkeit erhält, in Siedhitze Kohlensäure zu entwickeln, eine Thatsache, die ja mit der Erfahrung übereinstimmt, dass Kälte den Stoffwechsel sistirt. Der Grund dafür, dass die beiden Werthe unter dem oben gefundenen Mittel stehen, ist in der langsam vor sich gehenden Erkaltung zu suchen. Es dauerte bis zu 3 Stunden, bis ein in Kältemischung gebrachtes Thier völlig gefroren war. Die gebildete freie Kohlensäure musste aber während der Zerkleinerung zum Theil entweichen.

Stellen wir nun die Resultate sämmtlicher Versuche dieser ersten Kategorie zusammen, so bekommen wir als Mittelwerth 99,2 Vol.-%.

Tabelle.

Nr. des Versuchs.	Kohlensäure in Vol.-%.
I.	156,8
II.	81,4
III.	49,7
IV.	168,0
XX.	72,4
XXII.	100,6
V.	115,4
X.	75,8
XII.	72,4
9 Versuche	892,5
Mittel:	99,2

B. Analysen zur Bestimmung der Kohlensäure in mit Säuren behandelten Muskeln.

Nachdem wir durch die bisherigen Versuche nachgewiesen haben, dass die Siedhitze aus dem Muskel Kohlensäure austreibt, stellen wir uns weiter die Frage:

Handelt es sich bei dieser Kohlensäureentwicklung um Austreibung chemisch gebundener praeexistirender Kohlensäure?

Zur Entscheidung der angeregten Frage dienen die beiden folgenden Kategorien von Versuchen.

Der Muskel wird unter möglichstem Ausschluss der Wärmeeinwirkung der Einwirkung von Säuren ausgesetzt. Wird nach dieser Behandlung und Auswaschen des Muskelbreies mit destillirtem Wasser die durch Hitze zu erhaltende Kohlensäure nicht wesentlich vermindert, so ist gewiss, dass die in den früheren Versuchen durch Hitze ausgetriebene Kohlensäure als praeexistirend ihrer Hauptmasse nach angesehen werden darf.

Versuch VI.

Frisch getödtetes Thier 5 Stunden in Eis, wodurch die Temperatur der Muskeln auf + 2° C. herabgesetzt wird. Muskeln von beiden Hinterschenkeln. Zerkleinert mit derselben Maschine wie in Versuch X und XII. Die zerkleinerte Masse wird 10 Minuten in abgekühlter 0,25% Phosphorsäure digerirt, wobei die Temperatur bis auf + 5° C. steigt, sodann wiederholt mit destillirtem Eiswasser ausgewaschen und ausgerungen. Die Masse ballt sich beim Hineinpressen in die Kochflasche zusammen und weicht beim Kochen nicht aus einander.

Abgewogen 50 gr. Dauer und Intervall des Kochens wie in Vers. V.

Gewichtszunahme der Kalilauge im 1. Kochstadium . . .	0,0620 gr
„ „ „ „ 2. „ . . .	0,0049 „
In 4 Stunden . .	0,0669 gr

50 gr geben also 34,02 ccm = 68,0 Vol.-% Kohlensäure.

Die zweite Portion beträgt wieder nur 2,49 ccm = 4,98 Vol.-%.

Versuch VII.

Um den Uebelstand des Entweichens von Kohlensäure beim Hineinwerfen der Masse in die Kochflasche zu vermeiden, wird von Vers. VII—XXII die bei der Methode beschriebene Vorrichtung auf der Kochflasche angebracht. Das neue Verfahren gelingt jedoch erst von Vers. VIII an.

Gleiche Anordnung wie in Vers. VI. Muskel auf + 3½° abgekühlt. Jedoch wird das Digeriren in Phosphorsäure 1½ Stunden fortgesetzt bei einer Temperatur der Säure zwischen — 1 und 0°. Das Auswaschen und Ausringen dauert 1½ Stunden; während dessen zeigt der Muskel eine Temperatur zwischen + 2 und + 6°. Das Kochen musste ich nach der ersten Stunde am Abend unterbrechen und setzte es am andern Morgen (nach circa 12 Stunden) 2 Stunden lang fort.

Abgewogen 39 gr.

Gewichtszunahme im 1. Kochstadium	(1 Stunde)	0,0442 gr
„ „ 2. „	(2 Stunden)	0,0072 „
	In 3 Stunden . . .	0,0514 gr

39 gr geben also 26,14 ccm = **67,0** Vol.-% Kohlensäure.

Die relativ geringe Gewichtszunahme in der zweiten und dritten Stunde beweist abermals, dass bei guter Zerkleinerung die Hauptmenge der Kohlensäure in der allerersten Zeit entweicht.

Versuch VIII.

Thier in Kältemischung von — 16° gebracht. Da es nach mehreren Stunden nicht gelungen war, das Muskelinnere unter + 2° zu bringen, so wird das Thier gehäutet, die exarticulirten Hinterschenkel und die in 2 langen Stücken ausgeschnittenen Rückenmuskeln werden direct in die Kältemischung gebracht und in gefrornem Zustande mit der Maschine zerkleinert, darauf 2 Stunden in 0,25 % Schwefelsäure (Temp. — 1 bis 0°) digerirt. Die zerfaserte Masse wird 2½ Stunden mit beständig erneuertem destillirten Wasser von 0° ausgewaschen.

Abgewogen 28 gr. Gekocht wird am Abend 40 Minuten, am andern Morgen 2¼ Stunde.

Die erste Gewichtszunahme liess sich nicht ermitteln, weil beim Abnehmen des Kali-Apparates ein Glassplitter abbrach. Die zweite Gewichtszunahme betrug wieder nur 0,0127 gr.

In Bezug auf das Resultat verweise ich auf den Anhang, wo die volumetrische Berechnung zu ersehen ist. Sie würde ergeben 73,2 Vol.-%. Wie aus den obigen Erläuterungen hervorgeht, ist dieser Werth jedenfalls etwas zu hoch.

Versuch IX.

Gegen die Versuche VI—VIII liesse sich vielleicht der Einwand erheben, dass die Substanz nach der Behandlung mit Säure nicht lange genug ausgewaschen worden sei, dass sich also doch noch freie Kohlensäure in derselben befunden habe. Der Versuch wird daher in der bisherigen Weise wiederholt, jedoch mit der Modification, dass der Muskel, nachdem er 1½ Stunde in Phosphorsäure digerirt ist, 4 Stunden in Eiswasser ausgewaschen wird.

Abgewogen 25 gr. Kochen dauert ½ Stunde und wird nach 2½stündiger Unterbrechung noch 3 Stunden fortgesetzt.

Gewichtszunahme der Kalilauge 0,0407 gr.

25 gr geben also 20,69 ccm = **82,8** Vol.-% Kohlensäure.

Trotz der gründlicheren Auswässerung ergibt der Versuch also einen noch höheren Werth wie die früheren.

Versuch XIII.

Um die längere Einwirkung einer mässig hohen Temperatur zu vermeiden und gleichzeitig eine möglichst gründliche und schleunige Contact-

wirkung der Phosphorsäure auf die Muskeltheilchen zu erreichen, bediente ich mich des folgenden Verfahrens. Es ist klar, dass auf keinem Wege die Muskeltheilchen vollkommener mit der Phosphorsäure in Berührung gebracht werden können, als wenn es gelingt, diese durch die Gefässe zu leiten. Die Durchleitung der Säure unmittelbar hinter dem Blute her konnte indess ein Aufschäumen der im Blute vorhandenen Kohlensäure und dadurch eine Verstopfung der Wege zur Folge haben. Die Gefässe werden daher erst mit einer 1 %igen Lösung von schwefelsaurem Natrium ausgespült, bis fast farblose Flüssigkeit ausfliesst, alsdann die 0,25 % Phosphorsäure durchgeleitet. Beide Flüssigkeiten werden unter 0° abgekühlt.

Zur Vergleichung zweier Schenkel des gleichen Thieres dient zum Durchleiten nur der eine Hinterschenkel, der andere zu Versuch XII.

Das Abdomen wird geöffnet, die linke Art. iliaca und die Aorta oberhalb der Theilung werden frei präparirt, die Aorta zugeklemmt, in die linke Art. iliaca eine Canüle mit der Oeffnung nach der Aorta hin eingebunden, endlich die rechte V. iliaca geöffnet. Die Canüle steht stromaufwärts mit dem unteren Schenkel eines Y-Rohrs in Verbindung, von dessen beiden oberen Schenkeln lange Gummischläuche in die mit den beiden Flüssigkeiten gefüllten Gefässe führen. Das Niveau dieser steht etwa 1²/₃ m höher als das Blutgefäss, der Druck ist also beträchtlich. Quetschhähne ermöglichen die Oeffnung und Schliessung beider Leitungen.

Nach der angegebenen Methode wird durch die Gefässe des rechten Hinterschenkels in einer ersten halben Stunde schwefels. Natrium, in einer zweiten halben Stunde Phosphorsäure durchgeleitet. Beim Durchleiten der ersten Flüssigkeit war anhaltender Tetanus wahrzunehmen, und während des Durchleitens beider Flüssigkeiten bildete sich ein mächtiges Oedem an der rechten Extremität. Nachdem daher die gefrorne Muskelmasse in der Maschine zerkleinert ist, wird sie über 5 Stunden in Eiswasser ausgewaschen.

Abgewogen 25 gr. Dauer des Kochens 2 Stunden.

Gewichtszunahme der Kalilauge 0,0399 gr.

25 gr geben also 20,29 ccm = 81,2 Vol.-% Kohlensäure.

Also trotz der gründlichsten Durchsäuerung ergiebt dieser Versuch einen höheren Werth als die anderen mit Säuren angestellten Versuche, ein Beweis, dass die Kohlensäure nicht praeexistirt. Ein Uebermass von Bestätigung erfährt diese Thatsache noch, wenn wir Versuch XII und XIII mit einander vergleichen, in welchen der mit Säure behandelte Muskel einige Vol.-% Kohlensäure mehr lieferte, als der unveränderte Muskel des gleichen Thieres.

Tabelle dieser Säureversuche:

Nr. des Versuchs.		Kohlensäure in Vol.-%.
VI.		68,0
VII.		67,0
VIII.		73,2
IX.		828
XIII.		81,2
	5 Versuche . . .	372,2
	Mittel . . .	74,4

Nachdem wir also gezeigt haben, dass durch Säuren gewaschener Muskelbrei nicht viel weniger Kohlensäure durch die Siedhitze liefert, als nicht mit Säuren behandelter, kann es nicht bezweifelt werden, dass die Hauptmasse der gewonnenen Kohlensäure nicht praeexistirt. Dass der Werth kleiner, ist desshalb selbstverständlich, weil bei diesen Versuchen stundenlang der Muskelbrei mit Wasser ausgewaschen wurde, das einmal alle freie Kohlensäure abführen und da es nicht unter 0° war, doch auch die Weiterbildung von Kohlensäure nicht ganz unterbrach. Diese Momente fielen bei der Untersuchung der nicht gesäuerten Muskeln ganz fort.

Ausserdem ist immerhin zu bemerken, dass die Mehrzahl der Versuche mit ungesäuerten Muskeln ganz ähnliche Werthe wie die mit gesäuerten liefern. Das Mittel jener ist vorzugsweise durch 2 Versuche, die besonders hohe Werthe gaben, stark hinauf getrieben.

Wäre dem aber auch nicht so, so steht doch fest, dass nach stundenlangem Ansäuern und Auswaschen frischen Muskelbreies, also nach Entfernung aller praeexistirenden Kohlensäure Erhitzung auf's Neue bedeutende Kohlensäuremassen austreibt.

C. Analysen zur Bestimmung der Kohlensäure im Brütofen digerirter Muskeln.

Mancher Leser könnte noch das Bedenken haben, dass das stundenlang fortgesetzte Behandeln mit Säuren und Auswaschen mit Wasser nicht ausgereicht habe, um die freie Kohlensäure abzuführen. Es wird demnach angemessen sein, die Muskeln vor dem Versuche zu digeriren, dadurch den grössten Theil der Kohlensäure bildenden Substanz zu zersetzn, also zu bewirken, dass der Muskel schon vor der Zerkleinerung den grössten Theil jener

Kohlensäure als freie enthalte. Wenn wir mit diesen Muskeln dann geradeso wie bisher verfahren und trotz der unveränderten Methode ganz andere, d. h. sehr niedrige Werthe der Kohlensäure erhalten, so ist der Beweis geliefert, dass das Auswaschen die freie Kohlensäure allerdings abführt; zugleich aber auch, dass niedere Wärmegrade dasselbe wie hohe leisten.

Versuch XIV.

Thier 22 Stunden im Brütofen bei 40—50 °, darauf in Kältemischung.

Muskeln in gefrornem Zustande mit der Maschine zerkleinert, geben eine breiige Masse. Damit von der im Brütofen entwickelten Kohlensäure nichts in der Masse zurückbleibt, wird diese 3 Stunden in Eiswasser ausgewaschen. Das Wasser in der Kochflasche hat anfangs mittlere Temperatur und wird erst nach dem Einbringen der Substanz zum Sieden erhitzt.

Abgewogen 20 gr. Dauer des Kochens 2 Stunden.

Gewichtszunahme der Kalilauge 0,0123 gr.

20 gr geben also 6,25 ccm = **31,3** Vol.-% Kohlensäure.

Versuch XV.

Der vorige Versuch leistet noch keine hinreichende Gewähr, dass wirklich durch das Auswaschen alle durch die Wärme im Brütofen gebildete Kohlensäure entfernt worden ist, zumal, da ja die Bildung von kohlensauren Salzen auch nicht ganz sicher ausgeschlossen war. Es wird also ein analoger Versuch mit der Modification angestellt, dass der Brei des digerirten Muskels mit Phosphorsäure ausgewaschen wird.

Nachdem daher das Thier 22 Stunden im Brütofen bei 40—60°, darauf in der Kältemischung einige Stunden verweilt hat, werden die Muskeln in gewohnter Weise ausgeschnitten und zerkleinert, die zerkleinerte Masse aber 2 Stunden in Phosphorsäure unter 0 ° gebracht, endlich 5 Stunden in Eiswasser ausgewaschen. Der erste Abguss (Phosphorsäure) gibt bei Zusatz von Gerbsäure reichlichen Niederschlag; zum Beweise dafür, dass Eiweiss in Lösung übergegangen ist. Zur Vermeidung allzu bedeutender Substanzverluste beim Abdecandiren wird die abgegossene Flüssigkeit theilweise filtrirt, und der auf dem Filter zurückbleibende Brei zum Kochen mit verwerthet. Die zum Versuche dienende Substanz besteht also theils aus Filterrückstand, theils aus dem gröberen Muskelbrei.

Abgewogen 50 gr. Dauer des Kochens 2 Stunden.

Gewichtszunahme der Kalilauge 0,0265 gr.

50 gr geben also 13,47 ccm = **26,9** Vol.-% Kohlensäure.

Die Werthe der beiden letzten Versuche (31 und 27 %) sind gegenüber den bisher erhaltenen hohen Werthen, deren Mittel 90,3 Vol.-% beträgt, sicherlich niedrig genug, um zu beweisen, dass die Digestion nicht bloss Kohlensäure gebildet, sondern, dass diese, wenn einmal frei, sich auch auswaschen lässt.

D. Analyse zur Bestimmung der Kohlensäure tetanisirter Muskeln.

Nachdem nunmehr bewiesen ist, dass die Kohlensäure bildende Substanz des Muskels sowohl durch Siedhitze Kohlensäure liefert wie durch mittlere Temperatur, wollen wir nun nachweisen, dass ein Muskel, der lange Zeit kräftig arbeitet, die Kohlensäure bildende Substanz verbraucht.

Wir bedienen uns zu diesen Versuchen des Du Bois'schen Schlittenmagnetelectromotors mit einem Grove'schen Element. Durch einen eingeschalteten Tetanisirschlüssel kann der durch das Thier gehende Strom jederzeit aufgehoben werden.

Versuch XVI.

Das Thier wird 2 Stunden 10 Minuten tetanisirt in der Weise, dass anfangs beide Elektroden (Nadeln, die durch Staniolplättchen gesteckt sind) unter der Haut zwischen den Schulterblättern eingestochen werden. Der Induktionsstrom wird alle paar Sekunden mittelst des Tetanisirschlüssels unterbrochen, ist in der ersten Zeit von sehr geringer Stärke, wird aber allmählich — entsprechend der Abnahme der Erregbarkeit — verstärkt. Später wird eine Electrode in der Lendenmusculatur, die andere getheilt an beiden Hinterpfoten angebracht. Das Tetanisiren geschieht mit stetigen Unterbrechungen, bis das Thier verendet. Vor dem Tode war die Erregbarkeit noch keineswegs erloschen. Der Tod erfolgte offenbar durch Lähmung der Athemmusculatur, die sich nicht vermeiden liess. Nachdem nun das Thier in Kältemischung gefroren ist, werden die Muskeln der Hinterschenkel zerkleinert. Das Auswaschen ist unnöthig, weil die Kohlensäure ja durch das Blut weggeschwemmt werden konnte.

Abgewogen 25 gr. Dauer des Kochens 2 Stunden.
Gewichtszunahme der Kalilauge 0,0135 gr.
25 gr geben also 6,86 ccm = 27,5 Vol.-% Kohlensäure.

Versuch XVII.

Gleiche Anordnung wie im vorigen Versuch. Das Tetanisiren wird aber auf eine Extremität beschränkt und währt $2^3/_4$ Stunden.

Abgewogen 25 gr. Dauer des Kochens 2 Stunden.
Gewichtszunahme der Kalilauge 0,0162 gr.
25 gr geben also 8,24 ccm = 33,0 Vol.-% Kohlensäure.

Versuch XVIII.

Das Thier wird $2^3/_4$ Stunden mit sehr allmählicher Steigerung der Stromstärke tetanisirt, verendet jedoch schon, ehe noch stärkere Ströme in Anwendung gekommen waren und ehe die Erregbarkeit auf selbst mittelstarke Ströme nur im Geringsten erloschen war. Die Ursache des frühen Todes lag wohl in der Anordnung der Elektroden, deren eine zwischen den Schultern sass, während die andere erst in der Mitte des Rückens, dann in

der Lendengegend, schliesslich die eine in letzterer Gegend, und zwei weitere an den Unterschenkeln angebracht waren. Die erste Anordnung der Pole dauerte jedenfalls zu lange und bewirkte eine zu frühe Lähmung des Athmungscentrums. Die zum Versuch dienende Masse ist gemischt aus Rücken- und Schenkelmuskeln, von welchen die letzteren nur kurze Zeit tetanisirt werden konnten. Die Zerkleinerung geschieht von diesem Versuch ab mit der neu angefertigten Hackmaschine en miniature.

Abgewogen 50 gr. Dauer des Kochens 2¼ Stunden.

Gewichtszunahme der Kalilauge 0,0496 gr.

50 gr geben also 25,22 ccm = **50,4** Vol.-% Kohlensäure.

Dass dieser Versuch einen relativ hohen Kohlensäure-Werth geliefert hat, kann nach dem eben Gesagten nicht Wunder nehmen. Immerhin steht die Zahl 50 noch unter dem Mittelwerth derjenigen Versuche, bei welchen vor dem Sieden keine Kohlensäure bildenden Mittel angewendet wurden; sie ist vielmehr gleich dem niedrigsten vereinzelt dastehenden Werth der letzteren. Dennoch aber soll der Tetanus-Versuch Vorsicht halber noch einmal wiederholt werden.

Versuch XIX.

Thier tetanisirt an beiden hintern Extremitäten in der Weise, dass der eine Pol 1 Zoll oberhalb des Kreuzbeins, der andere getheilt in die Muskeln der beiden Hinterschenkel gesteckt wurde. Strom sehr allmählich verstärkt. Grosse Erholungspausen. Nach 4¾ Stunden starb das Thier wieder, ohne dass die Erregbarkeit erloschen war, und ehe noch Ströme stärkster Intensität angewendet waren. Die Muskeln werden nur den Hinterschenkeln entnommen, nicht erst zum Gefrieren gebracht, sondern sofort zerkleinert.

Abgewogen 50 gr. Dauer des Kochens 2 Stunden.

Gewichtszunahme der Kalilauge 0,0219 gr.

50 gr geben also 11,13 ccm = **22,3** Vol.-% Kohlensäure.

Stellen wir die Resultate der vier letzten Versuche zusammen, so erhalten wir als Mittelwerth für die aus dem tetanisirten Muskel noch durch Wärme entwickelte Kohlensäure nur 33,3 Vol.-%.

Tabelle.

Versuch.	Kohlensäure in Vol.-%.
XVI.	27,5
XVII.	33,0
XVIII.	50,4
XIX.	22,3
4 Versuche . . .	133,2
Mittel . . .	33,3

Ich bezweifle nicht, dass ich bei grösserer Erfahrung in der

zweckmässigen Anordnung der Pole und Handhabung des Inductionsstromes diesen Werth noch bedeutend herabdrücken könnte. Hierbei ist zu beachten, dass die Werthe sicher noch niedriger ausgefallen wären, wenn der Muskelbrei ausgewaschen worden wäre. Die Hauptmasse der durch den Tetanus gebildeten Kohlensäure hat selbstverständlich die Blutcirculation im lebenden Thiere fortgebracht.

Die gemachten Versuche beweisen zur Evidenz, dass der Tetanus mit einer Verzehrung Kohlensäure bildender Substanz verbunden ist. Ich verzichtete desshalb angesichts der Grausamkeit dieser Versuche und der Zeitersparung wegen auf ein vielleicht blendenderes Resultat durch Vermehrung der Versuche.

Die Kohlensäure des Blutes.

Da die hier benutzte Methode, die Gase durch siedendes Wasser aus thierischer Substanz auszutreiben, ganz neu und niemals zu quantitativen Bestimmungen benutzt worden ist, schien es wünschenswerth, einen Versuch mit Blut anzustellen, da der mittlere Werth des Gasgehaltes desselben, sowie die Maxima und Minima sehr genau bekannt sind. Es wird sich dann zeigen, ob diese Methode Zahlen von gleicher Ordnung liefert, oder zu dem Schluss berechtigt, dass Blut durch Siedehitze nur diejenige Kohlensäure liefert, von der man weiss, dass sie in ihm praeexistirt. Auch findet die Frage, ob die flüssige oder organisirte Masse des Körpers durch Dissociation Kohlensäure bildet, eine weitere Förderung.

Es galt also eine abgewogene Menge Blut aus dem Gefässe eines Thieres in die Kochflasche zu bringen, ohne dass das Blut Kohlensäure an die Luft abgeben konnte. Um in der Quantität des Blutes nicht beschränkt zu sein, wählte ich zum Versuchsthier einen Hund. Demselben wurde eine Vena femoralis frei gelegt, nach oben unterbunden, nach unten zugeklemmt. Zwischen beiden letzteren Stellen wurde eine Canüle eingebunden. Aus dieser führte ein dünner Schlauch etwa 1 m nach abwärts und ging in ein mit dem Ende nach oben umgebogenes Glasrohr über, welches im geeigneten Moment unter Quecksilber in ein weites mit Quecksilber gefülltes Absorptionsrohr geführt werden konnte. Nachdem

nun die Klemme an der Vena femoralis geöffnet war, liess ich eine kleine Portion Blut aus dem gebogenen Glasrohr ablaufen, sodass ich die Sicherheit hatte, dass sich keine Luft mehr in der Leitung befand. Dann fing ich eine reichliche Portion Blut unter Quecksilber auf und defibrinirte es mit dem im Rohr noch vorhandenen Quecksilber etwa 10 Minuten. Das defibrinirte Blut füllte ich unter Quecksilber in ein gleich grosses calibrirtes Rohr über, welches an seinem oberen Ende zu einem feinen Röhrchen mit Glashahn auslief. Von letzterem aus leitete ein Gummischlauch in ein durch den Gummistopfen auf dem senkrechten Hals der Kochflasche gestecktes Glasröhrchen. Denn von der Kochflasche war selbstredend der zum Einbringen der Muskeln dienende Apparat abgenommen. Das mit Blut gefüllte calibrirte Rohr tauchte ich nun in ein tiefes Quecksilberbad, öffnete den Glashahn und trieb durch Senken des Rohres das Blut bis zu dem in der Kochflasche mündenden Glasröhrchen. Nun las ich das Quecksilberniveau ab, berechnete, wie hoch dasselbe steigen müsste, um 50 ccm Blut zu verdrängen, senkte das Rohr und schloss den Glashahn, als das Quecksilber das berechnete Niveau erreicht hatte. Das Blut, welches sich jetzt noch im Glasröhrchen über der Kochflasche befand und so der Siedhitze ausgesetzt gewesen wäre, sog ich durch Heben des Rohres im Quecksilber zurück bis an eine den Gummischlauch unmittelbar über der Kochflasche fest verschliessende Tenette. Zur Sicherung des Verschlusses befand sich neben dieser noch eine Pflüger'sche Schnabelklemme. Es waren also jetzt in der Kochflasche 50 ccm defibrinirtes Blut, welches von seinen Gasen nichts hatte verlieren können. Von dem noch übrigen Blut wurde eine Probe in ein Picnometer gebracht, und so das specifische Gewicht (auf 1,054) bestimmt. Das Blut im Wasser der Kochflasche wurde allmählich zum Sieden erhitzt, die Kohlensäure in der bekannten Weise aufgefangen. Jedoch nahm ich den Kali-Apparat wiederholt zum Wägen ab, um zu controliren, ob und wie lange die Kohlensäureentwicklung vor sich ging. Der ganze Versuch mit Vorbereitungen liess sich in einem Tage nicht beenden. Nachdem ich daher spät Abends zum 7. Male gewogen hatte, verschloss ich den Apparat und setzte das Kochen anderen Morgens fort. Die Gewichtszunahme erhielt ich im Ganzen in 10 Portionen.

Nun liess ich die Kochflasche, die ja, sobald sie etwas abkühlt, verdünnte Luft enthält, aus einem Trichter, den ich über der Tenette anbrachte, 10 ccm concentrirter Phosphorsäure einsaugen. Als ich 5 Minuten gekocht hatte, wog ich den Kali-Apparat. Er zeigte eine Gewichtszunahme von 1/2 mgr. Die Phosphorsäure hatte also keine Kohlensäure mehr aus dem Blut austreiben können.

Portion.	Zeit des Kochens.	gr.
I.	3/4 Stunde	0,0108
II.	1/2 „	0,0119
III.	1/2 „	0,0091
IV.	1/2 „	0,0070
V.	1/2 „	0,0050
VI.	1/2 „	0,0035
VII.	1/2 „	0,0030
VIII.	1/2 „	0,0026
XI.	1/2 „	0,0019
X.	1/2 „	0,0015
	5 1/4 Stunden	0,0563

Nach der Berechnung aus dem specifischen Gewicht = 1,054 hatte ich 53 gr Blut gekocht (50 ccm).

53 gr Venenblut geben also 28,63 ccm = **54** Vol.-% Kohlens.

Auf 1 m Quecksilber reducirt = **41** Vol.-%.

Verglichen mit den Werthen anderer Untersuchungen steht der unsrige über dem Mittel, ist aber durchaus nichts Ungewöhnliches.

Meine Methode leistete also dasselbe wie das trockene Vacuum, indem sie ohne Hülfe von Säuren sämmtliche Kohlensäure aus dem Blute entwickelte. Allerdings war dazu eine viel längere Zeit erforderlich.

Die aus dem venösen Hundeblute gewonnene Kohlensäuremenge ist also weit kleiner als die aus den Kaninchenmuskeln. Wenn daher auch noch Blut in letzteren enthalten war, wobei nur an ganz minimale Quantitäten gedacht werden kann, so kommt der Beitrag, den diese zu der gefundenen Kohlensäure liefern könnten, angesichts des relativ niedrigen Procentgehaltes an Kohlensäure noch weit weniger in Betracht.

Stellen wir die Resultate dieser Untersuchung zusammen, so ergiebt sich:

Die Muskeln (des Kaninchens) enthalten eine Substanz, welche sowohl durch Siedhitze als durch geringere Temperatur zersetzt wird und hierbei im Mittel 100 Vol.-% Kohlensäure liefert.

Dieselbe Substanz wird auch durch die Arbeit des Muskels verbraucht, sodass ein hierdurch stark ermüdeter Muskel bei der Erhitzung um so weniger Kohlensäure liefert, als er früher bereits entwickelt hat.

Die Innervation leistet also dasselbe wie die Wärme.

Die Hypothese der Betheiligung eines Fermentes bei der physiologischen Kohlensäurebildung des Muskels und die Parallelisirung derselben mit einem Fäulnissprocess darf demnach als widerlegt betrachtet werden.

Anhang,

enthaltend die volumetrischen Analysen der Kohlensäure obiger Versuche.

Kalilauge (Probe A).

Specif. Gew. 1,279. Zu Vers. I—IV.

Ausgepumpt 10 ccm.

Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol. 0° C. 0,76 m
37,328 ccm	10,2°	37,49 cm	17,282 ccm
Nach Absorption der Kohlensäure.			
3,393 ccm	9,1°	19,96 cm	0,845 ccm

In 10 ccm Kalilauge enthalten . . . . . . 16,437 ccm Kohlens.
In 1 gr „ „ . . . . . . 1,285 „ „

Versuch I.

Füllung der Kali-Vorlage . . . 11,5749 gr

Ausgepumpt $\frac{1}{5,5}$ . . . . . . 2,1045 „

Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
18,40 ccm	10,2°	64,09 cm	14,71 ccm
Nach Absorption der Kohlensäure.			
2,61 ccm	9,1°	22,91 cm	0,75 ccm

In 2,1045 gr Kalilauge nach dem Versuch . . . . . 13,96 ccm Kohlens
In 2,1045 „ „ vor „ „ (Probe A) . 2,70 „ „

Durch den Versuch gewonnen pro $\frac{1}{5,5}$ . . . . . . 11,26 ccm Kohlens.

Nach der Gewichts-Bestimmung „ . . . . 12,12 „ „

Versuch II.

Füllung der Kalivorlage . . . 13,5535 gr

Ausgepumpt $\frac{1}{5,5}$ . . . . . . 2,4643 „

Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
17,60 ccm	10,2°	58,53 cm	12,84 ccm
Nach Absorption der Kohlensäure.			
5,70 ccm	9,1°	28,06 cm	2,01 ccm

In 2,4643 gr Kalilauge nach dem Versuch . . . . . 10,83 „ Kohlens.
„ 2,4643 „ „ vor „ „ (Probe A) . 3,17 „ „
Durch den Versuch gewonnen pro $\frac{1}{5,5}$ . . . . . . 7,66 ccm Kohlens.
Nach der Gewichtsberechnung „ „ . . . . . . 7,55 „ „

Versuch III.

Füllung der Kalivorlage . . . 14,3007 gr

Ausgepumpt $\frac{1}{5,5}$ . . . . . 2,6001 „

Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
21,05 ccm	10,2°	48,53 cm	12,68 ccm
Nach Absorption der Kohlensäure.			
4,65 ccm	9,1°	17,20 cm	0,99 ccm

In 2,600 gr Kalilauge nach dem Versuch: . . . . . 11,69 ccm Kohlens.
„ 2,600 „ „ vor „ „ (Probe A) . 3,34 „ „
Durch den Versuch gewonnen pro $\frac{1}{5,5}$ . . . . . . 8,35 ccm Kohlens.
Nach der Gewichts-Bestimmung „ „ . . . . . . 8,04 „ „

Versuch IV.

Füllung der Kali-Vorlage . . . 18,1390 gr
Ausgepumpt $^1/_{10}$ . . . . 1,8139 „

Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
21,52 ccm	9,1°	29,98 cm	7,97 ccm
Nach Absorption der Kohlensäure:			
4,68 „	9,5°	21,40 „	1,25 „

In 1,814 gr Kalilauge nach dem Versuch . . . . . . 6,72 ccm Kohlens.
„ 1,814 „ „ vor „ „ (Probe A) . . 2,33 „ „
Durch den Versuch gewonnen pro $^1/_{10}$ . . . . . . 4,39 „ „
Nach der Gewichts-Bestimmung „ „ . . . . . . 4,20 „ „

Kalilauge (Probe B).

Zu Versuch V—IX, specif. Gewicht 1,3388.
Ausgepumpt 10 ccm.

Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
47,682 ccm	9;7°	40,09 cm	23,709 ccm
Nach Absorption der Kohlensäure.			
—	—	—	—

In 10 ccm Kalilauge . . . . 23,709 ccm Kohlens.
In 1 gr „ . . . . 1,7709 „ „

Versuch V.

Füllung der Kalivorlage . . . 19,5736 gr
Ausgepumpt 1/10 . . . . 1,9574 „

Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
25,38 ccm	9,1°	30,09 cm	9,43 ccm
Nach Absorption der Kohlensäure.			
2,91 „	9,5°	20,21 cm	0,73 „

In 1,9574 gr Kalilauge nach dem Versuch . . . . . 8,70 ccm Kohlens.
In 1,9574 „ „ vor „ „ (Probe B) . 3,47 „ „
Durch den Versuch gewonnen pro 1/10 . . . . 5,23 „ „
Nach der Gewichts-Bestimmung „ „ . . . . 4,15 „ „

Versuch VI.

Füllung der Kalivorlage . . . 15,7650 gr
Ausgepumpt 1/10 . . . . 1,5765 „

Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
22,54 ccm	9,1°	26,67 cm	7,39 ccm
Nach Absorption der Kohlensäure:			
1,77 „	9,5°	18,12 cm	0,40 ccm

In 1,5765 gr Kalilauge nach dem Versuch . . . . . 6,99 ccm Kohlens.
In 1,5765 „ „ vor „ „ (Probe B) . 2,79 „ „
Durch den Versuch gewonnen pro 1/10 . . . . 4,20 „ „
Nach der Gewichts-Bestimmung „ „ . . . . 3,40 „ „

Versuch VII.

Füllung der Kalivorlage . . . 17,5520 gr
Ausgepumpt 1/10 . . . . 1,7552 „

Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
19,81 ccm	9,1°	28,45 cm	6,95 ccm
Nach Absorption der Kohlensäure:			
1,62 ccm	9,5°	19,84 cm	0,40 ccm

In 1,7552 gr Kalilauge nach dem Versuch . . . . . 6,55 ccm Kohlens.
In 1,7552 „ „ vor „ „ (Probe B) . 3,11 „ „
Durch den Versuch gewonnen pro 1/10 . . . . 3,44 ccm „
Nach der Gewichts-Bestimmung „ „ . . . . 2,61 „ „

Versuch VIII.

Füllung der Kalivorlage . . . 19,1625 gr
Ausgepumpt $^1/_{10}$ . . . . . . 1,9162 „

Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
31,41 ccm	11,6°	31,89 cm	12,21 ccm
Nach Absorption der Kohlensäure.			
19,61 ccm	10,8°	27,75 cm	6,77 ccm

In 1,9162 gr Kalilauge nach dem Versuch . . . . . 5,44 ccm Kohlens.
In 1,9162 „ „ vor „ „ (Probe B) . 3,39 „ „
Durch den Versuch gewonnen pro $^1/_{10}$ . . . . . . 2,05 ccm „

(Die Gewichts-Bestimmung konnte in diesem Versuch nicht gemacht werden, weil während desselben ein Glasspliter von der Kalivorlage abbrach.)

Versuch IX.

Füllung der Kalivorlage . . . 30,1373 gr.
Ausgepumpt $^1/_{10}$ . . . . . . 3,0137 „

Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
22,59 ccm	15,8°	31,36 cm	8,41 ccm
Nach Absorption der Kohlensäure:			
3,03 ccm	16,1°	21,85 cm	0,80 ccm

In 3,0137 gr Kalilauge nach dem Versuch . . . . . . 7,61 ccm Kohlens.
In 3,0137 „ „ vor „ „ (Probe B) . . 5,34 „ „
Durch den Versuch gewonnen pro $^1/_{10}$ . . . . 2,27 ccm „
Nach der Gewichts-Bestimmung „ „ . . . . 2,07 „ „

Kalilauge (Probe C).

Zu Versuch X—XVII. Specifisches Gewicht 1,4214.
Ausgepumpt 10 ccm.

Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
52,517 ccm	20,6°	48,31 cm	29,770 ccm
Nach Absorption der Kohlensäure:			
3,436 ccm	20,7°	26,30 cm	1,069 ccm

In 10 ccm Kalilauge . . . . 28,701 ccm Kohlens.
In 1 gr Kalilauge . . . . 2,019 „ „

Versuch X.

Füllung der Kalivorlage . . . 28,3919 gr
Ausgepumpt $^1/_{10}$ . . . . 2,8392 „

Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
22,54 ccm	15,8°	30,62 cm	8,19 ccm
Nach Absorption der Kohlensäure:			
1,79 ccm	16,1°	20,84 cm	0,45 ccm

In 2,8392 gr Kalilauge nach dem Versuch . . . . . 7,74 ccm Kohlens.
In 2,8392 „ „ vor „ „ (Probe C) . 5,73 „ „
Durch den Versuch gewonnen pro $^1/_{10}$ . . . . 2,01 „ „
Nach der Gewichts-Bestimmung „ „ . . . . 1,90 „ „

Versuch XIV.

Füllung der Kalivorlage . . . 15,8070 gr
Ausgepumpt $^1/_5$ . . . . 3,1614 „

Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
31,88 ccm	15,8°	23,78 cm	8,87 ccm
Nach Absorption der Kohlensäure:			
6,47 ccm	16,1°	13,27 cm	1,02 ccm

In 3,1614 gr Kalilauge nach dem Versuch . . . . . 7,85 ccm Kohlens.
In 3,1614 „ „ vor „ „ (Probe C) . 6,38 „ „
Durch den Versuch gewonnen pro $^1/_5$ . . . . 1,47 ccm „
Nach der Gewichts-Bestimmung „ „ . . . . 1,25 „ „

Versuch XV.

Füllung der Kalivorlage . . . 29,3288 gr
Ausgepumpt $^1/_{10}$ . . . . 2,9328 „

Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
23,28 ccm	15,8°	30,67 cm	8,47 ccm
Nach Absorption der Kohlensäure:			
2,80 ccm	16,1°	20,90 cm	0,71 ccm

In 2,933 gr Kalilauge nach dem Versuch . . . . 7,76 ccm Kohlens.
In 2,933 „ „ vor „ „ (Probe C) . . 5,92 „ „
Durch den Versuch gewonnen pro $^1/_{10}$ . . . . 1,84 ccm „
Nach der Gewichts-Bestimmung „ „ . . . . 1,35 „ „

Versuch XII.

Füllung der Kalivorlage . . . 27,5455 gr
Ausgepumpt $^1/_{10}$ . . . . 2,7545 „

Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
23,35 ccm	15,8°	30,98 cm	8,58 ccm
Nach Absorption der Kohlensäure:			
2,69 ccm	16,1°	21,11 cm	0,68 ccm

In 2,7545 gr Kalilauge nach dem Versuch . . . . . 7,90 ccm Kohlens.
In 2,7545 „ „ vor „ „ (Probe C) . 5,56 „ „
Durch den Versuch gewonnen pro $^1/_{10}$ . . . . 2,34 ccm „
Nach der Gewichts-Bestimmung „ „ . . . . 1,81 „ „

Versuch XIII.

Füllung der Kalivorlage . . . 27,7927 gr
Ausgepumpt $^1/_{10}$ . . . . 2,7793 „

Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
22,00 ccm	15,8°	31,57 cm	8,25 ccm
Nach Absorption der Kohlensäure:			
2,82 ccm	16,1°	22,06 cm	0.75 ccm

In 2,7793 gr Kalilauge nach dem Versuch . . . . . 7,50 ccm Kohlens.
In 2,7793 „ „ vor „ „ (Probe C) . 5,61 „ „
Durch den Versuch gewonnen pro $^1/_{10}$ . . . . 1,89 ccm „
Nach der Gewichts-Bestimmung „ „ . . . . 2,03 „ „

Versuch XVI.

Füllung der Kalivorlage . . . 24,8535 gr
Ausgepumpt $^1/_{10}$ . . . . 2,4853 „

Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
21,06 ccm	15,8°	28,41 cm	7,07 ccm
Nach Absorption der Kohlensäure:			
4,08 ccm	16,1°	21,06 cm	1,03 ccm

In 2,4853 gr Kalilauge nach dem Versuch . . . . . 6,04 ccm Kohlens.
In 2,4853 „ „ vor „ „ (Probe C) . 5,02 „ „
Durch den Versuch gewonnen pro $^1/_{10}$ . . . . 1,02 ccm „
Nach der Gewichts-Bestimmung „ „ . . . . 0,69 „ „

Versuch XVII.

	Füllung der Kalivorlage . . .	24,0943 gr	
	Ausgepumpt $^1/_2$	12,0471 „	
Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
53,00 ccm	20,6 °	49,36 cm	30,72 ccm
	Nach Absorption der Kohlensäure:		
5,71 ccm	20,7 °	24,21 cm .	1,63 ccm

In 12,0471 gr Kalilauge nach dem Versuch . . . . . 29,09 ccm Kohlens.
In 12,0471 „ „ vor „ „ (Probe C) . 24,32 „ „
Durch den Versuch gewonnen pro $^1/_2$ . . . . . . 4,77 ccm „
Nach der Gewichts-Bestimmung „ „ . . . . . . 4,12 „ „

Kalilauge (Probe D).

Zu Versuch XVIII—XXIII Specifisches Gewicht 1,4184.
Ausgepumpt 10 ccm.

Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
52,208 ccm	20,0 °	47,96 cm	29,483 ccm
	Nach Absorption der Kohlensäure:		
7,161 ccm	19,7 °	24,01 cm	2,040 ccm

In 10 ccm Kalilauge . . . . 27,443 ccm Kohlens.
In 1 gr Kalilauge . . . . 1,935 „ „

Bei dem Ablösen der Vorlagen von dem Apparate machte sich wiederholt Schwefelwasserstoff dem Geruchsinne bemerklich. Ebenso wurde dem entsprechend auf der Oberfläche des vor dem Kali-Apparate eingeschalteten Quecksilberventils, sowie nach dem Aufsammeln des Gases im Absorptions-Rohr auf dem Niveau des Qecksilbers ein schwarzer Niederschlag wahrgenommen. Da dieser nur als Schwefelquecksilber gedeutet werden konnte, war zu vermuthen, dass das aufgefangene Gas zum Theil aus Schwefelwasserstoff bestände.

Aus dem Vorhandensein dieses hätten vielleicht die oft etwas übergrossen Differenzen der Gewichts- und gasometrischen Berechnungen erklärt werden können, da ja das Plus fast immer bei den letzteren sich ergab, während das specifische Gewicht des Schwefelwasserstoffs niedriger ist, als das der Kohlensäure.

Zur Entscheidung der Frage, ob während der Versuche eine bei der gasometrischen Analyse in Betracht zu ziehende Menge von Schwefelwasserstoff gebildet worden sei, wird daher in Versuch XVIII, wo der eben erwähnte schwarze Niederschlag zu sehen war, etwa noch vorhandener Schwefelwasserstoff nach der

von Bunsen angegebenen Methode durch Einführung einer Braunsteinkugel in das Absorptionsrohr vor der Ablesung absorbirt. Wie aus dem Nachstehenden ersichtlich, stimmen Gewichts- und Volumen-Berechnung nahezu überein, oder vielmehr die letztere weist wie bisher fast immer ein Plus auf, während man das Gegentheil hätte erwarten müssen, wenn Schwefelwasserstoff vorhanden gewesen wäre.

Versuch XVIII.

Füllung der Kalivorlage 27,1765 gr.

Ausgepumpt die Gesammtmenge.

Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
98,70 ccm	20,0°	69,77 cm	82,03 ccm
	Nach Absorption der Kohlensäure:		
8,77 ccm	19,7°	28,29 cm	2,96 ccm

In 27,1765 gr Kalilauge nach dem Versuch . . . . . 79,07 ccm Kohlens.
In 27,1765 „ „ vor „ „ (Probe D) . 52,59 „ „
Durch den Versuch gewonnen . . . . 26,48 ccm „
Nach der Gewichts-Bestimmung . . . . 25,22 „ „

In Versuch XIX zeigt sich ebenfalls wieder die Schwärzung der Quecksilberoberfläche. Es wird daher nochmals die Untersuchung auf Schwefelwasserstoff vorgenommen, und zwar in der Weise, dass die Ablesung vor und nach Einführung der Braunsteinkugel geschieht, um womöglich das Volum des vorhandenen Schwefelwasserstoffs zu berechnen.

Diese Berechnung geschieht in folgender Weise. Zur Wiederherstellung des Maximum der Tension des Wasserdampfes, welche durch die an der Braunsteinkugel haftende Phosphorsäure aufgehoben sein konnte, musste nach der Absorption des Schwefelwasserstoffs wieder Wasser in das Rohr eingeführt werden. Es musste daher auch die von diesem Wasser absorbirte Kohlensäure in Rechnung gezogen werden. Nach Bunsen ist der Absorptions-Coëfficient für Kohlensäure in Wasser bei 18° C. (Temp. bei der Ablesung) und Atmosphärendruck = 0,9318. Von den im Rohr befindlichen 80,196 ccm Gas kommen (cf. unten) 73,904 ccm auf Kohlensäure, also 92,1 %. Der partielle Absorptions-Coëfficient der Kohlensäure beträgt also = 0,8586. Gemäss Ablesung und Berechnung wurden an Wasser eingeführt: 2,499 ccm. Diese würden bei 18° und 76 cm Druck absorbirt haben: 2,146 ccm Kohlensäure, bei dem hier vorhandenen Druck von 68,52 cm aber haben sie absorbirt: 1,934 ccm. Addirt man das Volumen der absorbirten

Kohlensäure zu der nach Einführung des Braunsteins berechneten Gesammtgasmenge und vergleicht letztere mit der vor der Einführung gefundenen Zahl, so ergiebt sich, wie unten ersichtlich, eine äusserst geringe, vollständig innerhalb der Fehlergrenzen liegende Differenz. Versuch XVIII und XIX ergeben folglich in Bezug auf den Schwefelwasserstoff ein negatives Resultat. Derselbe war nur in so geringer Menge vorhanden, dass er vom Quecksilber allein gebunden werden konnte, in so geringer Menge andrerseits, dass diese Bindung das Gasvolumen in merklichem Grade nicht verminderte.

Versuch XIX.

Füllung der Kalivorlage 32,4623 gr

Ausgepumpt: Gesammtmenge.

Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
95,42 ccm	18,2°	69,90 cm	80,20 ccm
Nach Einführung von Braunstein und 2,49 ccm Wasser:			
92,48 ccm	17,9°	70,26 cm	78,25 ccm
Vom Wasser absorbirte Kohlensäure			1,93 „
			80,18 ccm
Nach Absorption der Kohlensäure mit zehnfach verdünnter Kalilauge:			
12,49 ccm	18,0°	42,48 cm	6,29 ccm

In 32,4623 gr Kalilauge nach dem Versuch . . . . . 73,89 ccm Kohlens.
In 32,4623 „ „ vor „ „ (Probe D) . 62,81 „ „
Durch den Versuch gewonnen . . . . 11,08 ccm „
Nach der Gewichts-Bestimmung . . . . 11,13 „ „

Versuch XX.

Füllung der Kalivorlage 31,9539 gr

Ausgepumpt in 2 Röhren Gesammtmenge.

	Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
I.	92,70 ccm	21,0°	71,17 cm	78,23 ccm
II.	50,80 „	21,0°	40,81 „	24,09 „
			Summe . . .	102,32 ccm
Nach Absorption der Kohlensäure:				
I.	8,32 ccm	21,0°	25,77 cm	2,53 „
II.	4,19 „	21,0°	20,43 „	1,00 „
			Summe . . .	3,53 ccm

In 31,954 gr Kalilauge nach dem Versuch . . . . . 98,79 ccm Kohlens.
In 31,954 „ „ vor „ „ (Probe D) . 61,83 „ „
Durch den Versuch gewonnen . . . . 36,96 ccm „
Nach der Gewichts-Bestimmung . . . . 36,20 „ „

Versuch XXI.

Füllung der Kalivorlage 27,4788 gr

Ausgepumpt: Gasammtmenge.

Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
94,69 ccm	19,85°	68.21 cm	76,98 ccm
Nach Absorption der Kohlensäure:			
9,53 ccm	19,0°	29,05 cm	3,31 ccm

In 27,4788 gr Kalilauge nach dem Versuch . . . . . 73,67 ccm Kohlens.
In 27,4788 „ „ vor „ „ (Probe D) . 53,17 „ „
Durch den Versuch gewonnen . . . . 20,50 ccm „
Nach der Gewichts-Bestimmung . . . . 19,37 „ „

Versuch XXII.

Füllung der Kalivorlage . . 23,5405 gr
Ausgepumpt ½ . . . . . . 11,7702 „

Beobachtetes Vol.	Temp. C.	Druck.	Reducirtes Vol.
73,08 ccm	20,9°	57,61 cm	49,64 ccm
Nach Absorption der Kohlensäure:			
4,49 ccm	20,8°	26,79 cm	1,42 ccm

In 11,7702 gr Kalilauge nach dem Versuch . . . . . 48,22 ccm Kohlens.
In 11,7702 „ „ vor „ „ (Probe D) . 22,77 „ „
Durch den Versuch gewonnen pro ½ . . . . 25,45 ccm „
Nach der Gewichts-Bestimmung . . . . 25,14 „ „

Zum Schlusse meiner Abhandlung sage ich Herrn Geh.-Rath Pflüger für seine wohlwollende Leitung, sowie Herrn Dr. Dittmar Finkler für die Unterstützung, die er mir in uneigennützigster Weise bei meinen Untersuchungen zu Theil werden liess, verbindlichsten Dank.

(Physiologisches Laboratorium in Bonn.)

Wesen und Aufgaben der Physiologie.

Rede
zur feierlichen Eröffnung des neuen physiologischen Institutes in Poppelsdorf bei Bonn am 9. November 1878.

Von

E. Pflüger.

Hochgeehrte Versammlung!

Nachdem ein so grosses Werk wie dieses der Physiologie geweihte Gebäude vollendet ist, übernehme ich als augenblicklicher Vertreter dieser Wissenschaft gerne die Pflicht, Allen Denen zu danken, welche durch ihre Arbeit oder wohlwollende Unterstützung diese neue Zierde unserer Universität ins Leben gerufen haben.

Dank gebührt zunächst meinen Collegen der medicinischen Facultät, welche in wiederholten Eingaben meine Wünsche bei den vorgeordneten Behörden unterstützten und dieselben von den unabweisbaren Bedürfnissen der Physiologie zu überzeugen suchten.

Dank gebührt dem Curator unserer Hochschule, Herrn Geh. Ober-Regierungsrath Dr. Beseler, welcher auch hier mit der Thatkraft und dem Eifer, der ihn für alle guten Interessen dieser Universität in so rühmlicher Weise beseelt, nie müde geworden ist, die Ausführung des grossen Werks in jeder Weise zu fördern und seine Vollendung zu beschleunigen.

Dank verdient das Königl. Ministerium der geistlichen, Unterrichts- und Medicinalangelegenheiten, das in hochherziger Fürsorge für die Universität der Rheinlande durch die Errichtung so vieler monumentaler Institute der Wissenschaft uns bereits verpflichtet und durch Gewährung ausreichender Mittel die Herstellung auch dieses Gebäudes möglich gemacht hat.

Ich habe ferner rühmend unseren Universitätsarchitekten zu nennen, den Königl. Bau-Inspector Herrn Neumann, der die speciellen Pläne nach meinen allgemeinen Angaben ausarbeitete. Herr Neumann hat wiederholt bei guter und schlechter Jahreszeit weite Reisen im In- und Auslande unternommen, um die Einrichtungen der physiologischen Institute an den verschiedenen Universitäten zu studiren. Es ist ihm gelungen, dies Werk aufzuführen, das nicht bloss durch Zweckmässigkeit, sondern auch — und in noch höherem Maasse durch architektonische Schönheit sich auszeichnet. Was mich aber ausserdem dem Herrn Bau-Inspector zu besonderem Danke verpflichtet, war die angenehme Art des geschäftlichen Verkehrs, sodass die nicht so selten hervortretenden Verschiedenheiten unserer Ansichten stets ohne den geringsten Conflict ausgeglichen worden sind. Und dies ist um so mehr anzuerkennen, da ich bei dem Bau des Institutes und der inneren Einrichtung desselben nur berathende, nicht beschliessende Stimme hatte, die den Baubehörden in Berlin und Bonn zukam.

Es ist mir weiter eine angenehme Pflicht, eines Mannes zu gedenken, ohne dessen wohlwollenden Beistand das Institut schwerlich auf diesem Terrain stehen würde. Ursprünglich war die zwischen dem chemischen Laboratorium und der Anatomie gelegene Fläche zum Bauplatz für das physiologische und physikalische Institut ausersehen. Abgesehen von der Unzulänglichkeit jener Fläche wäre dann eines dieser Gebäude in unmittelbare Nachbarschaft der Anatomie und des Macerationshauses zu stehen kommen, sowie in die des Baches, welcher das Wasser des Poppelsdorfer Weihers vorbeiführt. Wer wie die Meisten von uns die Dünste kennt, die auch im letzten Sommer diesem Flüsschen entstiegen, wird es nicht verlockend finden, sich wohnlich an dessen Ufern niederzulassen. Eine Hülfe in der Noth ward uns durch die liebenswürdige Bereitwilligkeit, mit welcher der Director der landwirthschaftlichen Academie, Herr Professor Dünkelberg die Ueber-

lieferung dieses Terrains an die Universität erfolgreich vermittelte. Denn das landwirthschaftliche Ministerium hatte die volle Disposition über diesen Grund und Boden. — —

Von verschiedenen der Physiologie ferner stehenden, höchst einsichtsvollen und auch wohlwollenden Collegen bin ich gefragt worden, ob denn in der That dieses so grosse Institut nothwendig gewesen sei. Vielen fällt der grelle Contrast auf, der zwischen den beschränkten Räumen des alten physiologischen Laboratoriums mit seiner ärmlichen Ausrüstung und diesem neuen besteht. Man nimmt an, dass die Studirenden der Medicin in den letzten beiden Decennien wohl genügend unterrichtet worden sind und weiss, dass die Physiologie von mir und meinen Schülern auch selbstständig hat bearbeitet werden können. Ich glaube demnach einer Pflicht zu genügen, wenn ich die Nothwendigkeit der Herstellung dieses Institutes Ihnen zu erweisen suche und so auch die Behörden rechtfertige, welche die Mittel des Staates uns zur Verfügung stellten.

Die Pflege der Wissenschaft hat noch jeder Regierung zum Ruhme gereicht, selbst in den Fällen, wo ein praktischer Nutzen nicht zu erwarten war. Und in der That soll die Wissenschaft in erster Linie ihrer selbst halber betrieben werden, schon deshalb, weil die Erfahrung zeigt, dass sie nur selten wesentlich gefördert wird, wenn Nebenrücksichten den Forschenden beirren. — Die Physiologie verlangt nun zu ihrer Ausbildung sehr theure Apparate und zahlreiche andere Hülfsmittel, sowie Raum zu deren Entfaltung, ohne dass sie Demjenigen, welcher sich mit ihr beschäftigt, einen materiellen Vortheil bietet. Deshalb kann diese Wissenschaft Privatpersonen nur in ganz seltnen Ausnahmefällen überlassen bleiben. In der That ist die Universität auch ihre einzige Stätte; ohne die unmittelbare Hülfe des Staates würde die Physiologie überhaupt nicht existiren, oder doch zu einem kümmerlichen Dasein verurtheilt sein. Sie lohnt aber der Allgemeinheit die Pflege, welche man ihr zuwendet, wie die Eine Thatsache der Erfindung des Augenspiegels Jedem beweist.

Dieses Gebäude, hochgeehrte Versammlung, soll also nicht bloss dienen zum unmittelbaren Unterrichte der Studirenden, son-

dern auch zur Förderung der Wissenschaft durch selbstständige Arbeiten, welche sowohl von dem Director, als den vorgerückteren jungen Aerzten ausgeführt werden.

Der Königlichen Regierung besondere Fürsorge begründet sich natürlich wesentlich durch die Wichtigkeit der Physiologie für die gesammte Medicin. Da Krankheiten Störungen der inneren Arbeit der Organe unseres Körpers sind und die Physiologie die Lehre von den Bedingungen der normalen Arbeit darstellt, so ist ein der physiologischen Bildung entbehrender Arzt einem Uhrmacher vergleichbar, der den regelwidrigen Gang eines Uhrwerks corrigiren soll, aber die Bedingungen des normalen Ganges nicht kennt, den er doch herstellen will.

Jeder unterrichtete Arzt weiss, dass die Physiologie ihm auch eine Summe positiven Wissens bietet. Denn durch die Arbeit der letzten drei Jahrhunderte sind doch die nächsten und für den Arzt wichtigsten Probleme der Physiologie in theils genügender, theils geradezu classischer Weise gelöst. Ich denke hierbei neben Anderem an die Erklärung der Bedeutung der einzelnen Organe unseres Körpers, an die Mechanik der Nervenleitung, des Blutkreislaufs, der Athmung, an den Chemismus der Respiration, der Verdauung und Secretion, an die Acustik und Optik. Letztere war ganz besonders in neuerer Zeit berufen, der Augenheilkunde einen mächtigen Impuls zu geben und den Beweis zu liefern, wie gross der reale Werth und die befruchtende Kraft der Physiologie für die ausübende Medicin werden kann.

Den jungen Aerzten müssen aber noch wegen eines besonderen Grundes die Hülfsmittel, welche die Wissenschaft bietet, in vollstem Maasse zugänglich gemacht werden. Nur selten bedenkt das Hülfe suchende Publicum, dass der Tod ein Naturgesetz ist. Wie die aufstrebende Entwicklung der Jugend, so vollzieht sich der Niedergang des Alters mit innerer Nothwendigkeit. Die Bedingungen, durch welche das Leben besteht, verzehren sich also allmählig auch während des gesunden Zustandes, ja sogar schon während der Jugend. Die Aussicht fehlt aber, dass dies jemals verhindert werden könne. Die Krankheit erscheint deshalb oft genug als Symptom, dass jenes gesetzmässige Schwinden der Lebensbedingungen bereits Breschen veranlasst hat, zu deren Ausbesserung oder vollkommener Beseitigung kein menschliches Mittel

existirt. Die principielle Beschränktheit der ärztlichen Kunst ist die eigentliche Ursache des medicinischen Schwindels, welcher heute und immer die Leichtgläubigen geplündert und den Aerzten erfolgreiche Concurrenz gemacht hat. Will der Arzt sich wappnen und in Wirklichkeit von den Pfuschern unterscheiden, will er in allen Fällen seiner Aufgabe, die in der Beglückung seiner Nebenmenschen liegt, gewachsen bleiben, so weit menschliche Einsicht und Kraft es vermag, so kann nur die Wissenschaft die Fahne sein, der er Treue schwört und unter der er kämpft gegen die verheerenden Mächte der Natur. Weil aber, ich wiederhole es, die Physiologie Rechenschaft abzulegen hat von den Bedingungen der normalen Arbeit der Organe unseres Körpers, ist sie die fundamentalste Wissenschaft der gesammten Medicin.

Nachdem die Physiologie die ihr gestellten Aufgaben erster Ordnung zum grossen Theile zu lösen vermochte, wird es begreiflich, dass bereits eine grössere Zahl von Forschern an die feinere Ausführung der physiologischen Probleme sich gewagt hat. Die Arbeit jedes Organes soll bis zu den letzten Ursachen verfolgt werden — bis zu den Atomen und ihren Kräften.

Indem ich auf diese Fragen einer anderen Ordnung eingehe, rechtfertige ich zugleich die innere Einrichtung dieses Institutes.

Es ist zunächst hervorzuheben, dass nach dem einstimmigen Urtheil aller Physiologen jedwede Arbeit der Organe aus chemischen Kräften ihren Ursprung ableitet. Immer aufs Neue erzeugt sich chemische Spannung, immer aufs Neue gleicht sie sich aus — so geschieht es vom ersten Tag der Entstehung bis zu dem Tode. Dies ewige Werden und ewige Vergehen ist das Leben. Nicht einen Augenblick vermögen wir unsere Identität festzuhalten — unerbittlich schwindet sie in der strömenden Metamorphose. Die Wärme, welche der Chemismus in uns erzeugt, ist die Ursache der inneren Zersetzung, die Zersetzung veranlasst die Entstehung von Wärme, und diese bedingt wieder die Zersetzung und so fort in endlosem Reigen.

Wie schon Lord Baco 1636 und John Mayow, der Entdecker des Sauerstoffs, wenige Jahre später ausgesprochen haben, werden diese Zersetzungen durch eine langsam ablaufende Verbrennung bedingt, welche der eingeathmete Sauerstoff unterhält.

Diese Vorgänge gehören also, wie schon jeder Laie erkennt, in das Gebiet der Chemie.

Weil nun fortwährend die Wärme die labile Substanz unseres Leibes zerlegt, muss zur Erhaltung des Lebens neues Material zugeführt werden.

Dass der Verdauungsprocess, durch welchen die erste Bearbeitung der Nahrung vollzogen wird, ein relativ einfacher chemischer Vorgang sei, bezweifelt Niemand. Dass aber die organisirende Kraft, welche die abgenutzten Theile der Organe unseres Körpers und diese selbst aufbaut, auch eine chemische sei, habe ich öfter ausgesprochen und will ich heute nochmals vertheidigen.

Um allgemein verständlich zu bleiben, bitte ich, mir eine kleine Abschweifung zu gestatten.

Bekanntlich gelangt man bei fortgesetzter Theilung der Materie, z. B. eines Kochsalzkrystalles, schliesslich zu kleinsten Theilchen, die zwar noch Kochsalz sind, aber bei auch auf sie fortgesetzter Theilung Stoffe liefern, die, ganz verschieden von dem Kochsalz, dessen letzte Bestandtheile darstellen, nämlich ein gelbgrünes Gas — das Chlor, und ein grauweisses Metall — das Natrium. Jene kleinsten Theilchen, die noch Kochsalz, aber bei weiterer Theilung es nicht mehr sind, nennt man Molecüle. Ihnen haftet also der Begriff des aus Einfacherem Zusammengesetzten an. Die chemische Forschung hat nun zu dem sicheren Ergebnisse geführt, dass diese einfacheren Bestandtheile, welche auf keine Weise weiter zerlegt werden können, keine continuirliche Materie darstellen, sondern kleinste abgegrenzte Massen, welche die Chemiker Atome nennen. Es wird dabei keineswegs vorausgesetzt, dass sie in der Idee nicht theilbar wären. Sicher ist nur, dass bei dem gegenwärtigen Zustande der Welt uns keine Kräfte zu Gebote stehen, welche eine Spaltung der Atome zu vollziehen vermögen. Sie sind also für uns Urwesen — Elemente. Ein Molecül besteht demnach aus einer bestimmten Zahl von Atomen, die in einer bestimmten Weise angeordnet sind, also ein System darstellen. Da nun nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen über die Natur der Wärme, die wir ganz besonders dem Scharfsinne von Clausius verdanken, kein Zweifel besteht, dass die Atome aller Materie in fortwährender Bewegung begriffen sind, so berühren sie sich offenbar nicht unmittelbar, weil Platz für diese Bewegungen vorhanden sein muss.

Man kann demnach ein chemisches Molecül einem Sonnensystem vergleichen, in dem die Himmelskörper auch eine bestimmte Anordnung und nähere oder entferntere Beziehung zu einander haben. So steht der Mond wieder in einer näheren Beziehung zu der Erde, der Ring des Saturnus zu diesem. Gerade so ist es mit den Radicalen, d. h. den näher zusammen gehörigen Atomgruppen in dem Molecüle. Die Atome sind also die Sterne des Chemikers. Kekulé hat den vielverheissenden Anfang einer chemischen Astronomie geschaffen, indem er die innere Anordnung der schwingenden Atome in den Molecülen bestimmen lehrte.

Der thierische Leib besteht nun theils aus flüssiger, theils aus fester resp. festweicher Masse, und jeder dieser Aggregatzustände wird durch Molecüle gebildet. Indem die Natur mit diesen Molecülen, die ihre Bausteine sind, die Organe aufführt, fügt sie dieselben wie ein Baumeister nach einem bestimmten Gesetz zusammen. Die Bausteine sind fast ausschliesslich Eiweissmolecüle oder dem Eiweiss nahe verwandte Stoffe. Ist nun, so frage ich, der Kitt, welcher die Bausteine zusammenhält, ein chemischer?

Man glaubte früher, dass nur die Pflanzen die Fähigkeit besässen, aus kleinen Molecülen grosse zusammenzusetzen, während in dem Leibe der Thiere die zusammengesetzten wieder in kleinere gespalten würden. Es ist aber seitdem für sehr viele Fälle bewiesen worden, dass der thierische und menschliche Organismus dennoch nach einem sehr einfachen und wie es scheint immer demselben Verfahren aus kleinen Molecülen grössere chemisch zusammensetzt. Dieses Verfahren besteht darin, dass den kleinen Molecülen, ehe sie sich zu einem grösseren mit einander verbinden können, einige Bestandtheile entzogen werden müssen, die sich dann wieder unter sich chemisch vereinigen und Wasser bilden. Die Erzeugung des grossen Molecüles ist also bedingt durch eine vorher stattgehabte Wasserentziehung. Dies ist das in der ganzen belebten und leblosen Natur eine so ausgedehnte Rolle spielende grosse Princip der Synthese durch Wasserentziehung.

Nun hat Professor Hermann im Jahre 1868, ausgehend von Betrachtungen über die chemische Natur der Verdauung, die heute allgemein angenommene Ansicht begründet, dass ein bei der Verdauung sich bildender nicht gerinnbarer Eiweissstoff in unserem Körper — Hermann meint in der Leber — wieder in gerinnbares

Eiweiss verwandelt werde. Dieses gerinnbare entstehe aus dem nicht gerinnbaren, indem die kleinen Molecüle des letzteren nach dem vorher besprochenen Princip sich zu grösseren Molecülen verbinden. Die Physiologen nennen jenes nicht gerinnbare, durch den Verdauungsprocess gebildete Eiweiss: Pepton.

Seitdem weiss man durch fortgesetzte Untersuchungen zahlreicher Forscher, dass jedes beliebige Eiweiss, mag es organisirt sein oder nicht, bei der Verdauung in Pepton verwandelt wird, und dass irgend ein bestimmtes Pepton, das man sich leicht in grösserer Masse verschaffen kann, den ganzen Bedarf des Organismus an Eiweiss deckt, wenn es dauernd als Nahrung gereicht wird. Nun bestehen aber unsere Organe aus sehr verschiedenen Eiweissstoffen, die also alle aus dem Einen Pepton hervorgehen. Folglich werden, wenn man den Hermann'schen Gedanken erweitert, zum Behufe der Bildung organisirter Materie die kleinen Molecüle des Peptons durch verschiedenartige Combination zu den grösseren verschiedenartigen Molecülen der Organe nach dem besprochenen Princip chemisch vereinigt. Da für zahlreiche gut gekannte Fälle die Natur im Thierkörper immer dieses selbe Princip für die Verknüpfung gebraucht, mit Hülfe dessen sie sogar chemisch zusammengehaltene Gruppen von Eiweissmolecülen bildet, so liegt die Annahme gewiss nahe, dass dies Princip auch bei der Erzeugung organisirter Materie die Hauptrolle spielt, weil es sich hier auch um Verknüpfung von Eiweissmolecülen zu einem grösseren Ganzen handelt. Die untergeordnete Betheiligung von Molecülen, die kein Eiweiss sind, ist bei der Bildung organisirter Materie natürlich nicht ausgeschlossen.

Es gibt noch mehr gute Gründe für die höchst wahrscheinliche Annahme, dass die organisirende Kraft eine chemische sei. Doch wäre eine eingehendere Erörterung derselben hier nicht am Platze.

Von diesem Standpunkte aus erscheint die Physiologie in erster Linie als die Chemie der lebendigen Geschöpfe.

Auf die Chemie ist deshalb in diesem Institute so starkes Gewicht gelegt, dass sie die Eine Hälfte desselben räumlich vollständig in Anspruch nimmt.

Sollte sogar die kommende Forschung wider Erwarten den Beweis liefern, dass die organisirende Kraft keine chemische sei,

so würde die Bedeutung der Chemie für die Physiologie zwar wesentlich verkleinert, aber immer noch ausserordentlich gross bleiben. —

Wenn aber umgekehrt mit absoluter Sicherheit festgestellt wäre, dass die organisirende Kraft eine chemische sei, bliebe doch so viel gewiss, dass die Physik schliesslich nur die analytische Mechanik der Atome ist. Die letzte Aufgabe derselben besteht darin, deren Bewegungen mit derselben Präcision zu berechnen, wie der Astronom die Bahnen der Sterne bestimmt. Sie ist das letzte Fundament aller Naturwissenschaft und also auch der Chemie und Physiologie. Da es ihr aber bis jetzt nicht gelungen ist, die chemischen Veränderungen der Qualitäten der Materie aus der Mechanik der Atome abzuleiten und eine Handhabe zu deren Verständniss zu liefern, bleibt die Chemie ihr coordinirt und beansprucht zur Erforschung der physiologischen Processe den ersten Rang.

Mag man aber auch das Gebiet der Chemie möglichst weit dehnen, so verbleibt der Physik die Ableitung der mannigfaltigen Wechselwirkungen der Kräfte des Lebens aus dem Satze von der Erhaltung der Energie. Die Physik ist die letzte Quelle der Erkenntniss für die thierische Wärmelehre, für die Fortpflanzung der Molecularschwingungen, wie sie z. B. im Nervensysteme eine so grosse Rolle spielen, für die Gesetze der electromotorischen Wirkungen der lebendigen Gewebe und der mechanischen Arbeit der Muskeln, sowie für die Beziehung aller dieser Phänomene zu dem Chemismus. Die Physik allein erklärt uns die Probleme der Capillarität, Filtration und Diffusion in den lebendigen Organismen, die Mechanik des Blutkreislaufs mit den sich daran knüpfenden Fragen der Hydrostatik und Hydrodynamik, die Bewegungen des Skelets und anderer Theile wie die der Stimm- und Sprachorgane und endlich — um ihre grössten Triumphe nicht zu vergessen — die wichtigsten Aufgaben der physiologischen Optik und Acustik.

So fundamental ist also die physikalische Zergliederung aller jener Vorgänge, von denen ich die wesentlichsten hervorgehoben habe, dass die Physik nur in formaler Hinsicht als Hülfswissen-

schaft der Physiologie angesehen werden darf. Die Physiologie ist in Wahrheit:

die Chemie und Physik der lebendigen Materie.

Bei dieser scheinbar so genügenden Definition versteht und empfindet der Physiologe in seiner Art das ganze Gewicht des berühmten delphischen Wortes: Mensch, erkenne Dich selber!

Denn so gross auch immer der Werth der chemischen und physikalischen Analyse für die Physiologie sein mag, für viele Fragen reicht sie nicht aus. Ich wähle ein triviales, aber bezeichnendes Beispiel. Wenn der Chemiker die Constitution und Metamorphosen aller Molecüle, die den Nabel eines Menschen zusammensetzen, festgestellt und der Physiker alle Probleme der Molecularphysik an demselben Körpertheile gelöst hätte, so bliebe uns die Bedeutung desselben unbekannt, wenn uns die Entwickelungsgeschichte nicht belehrte, dass hier das Geschöpf vor der Geburt mit der Mutter verwachsen war. Bei der Frage nach der Function der Organe hat man also festzuhalten, dass es solche wie der Nabel gibt, die im späteren Leben keine Bedeutung haben, welche diesen aber in der frühesten Jugend in eminentem Maasse zukam. — Der Mann sowie die männlichen Individuen der Säugethiere haben eine Milchdrüse und säugen doch den Neugeborenen nicht — obwohl es ausnahmsweise zur Bildung wirklicher Milch kommt. Der Mann besitzt eine Gebärmutter und Eileiter, hat also eine hermaphroditische Anlage. Keine chemische oder physikalische Untersuchung wird dies Räthsel lösen. Nur die Descendenztheorie liefert uns an der Hand der vergleichenden Anatomie den Schlüssel des Verständnisses. Wie der Nabel seine Erklärung in der Bedeutung findet, welche er in einer früheren Epoche für das Individuum gehabt, so hat der für die Wirbelthiere und den Menschen bedeutungslose Hermaphroditismus seine Bedeutung in einer früheren Epoche bei den Ahnen der Wirbelthiere gehabt, die Hermaphroditen waren. Die verkümmerten Augen so vieler Thiere, die zum Sehen untauglich sind, die nie zum Durchbruch kommenden Zähne der Wiederkäuer und viele andere Beispiele zeigen das Gleiche und beweisen den grossen Werth, den die Morphologie für die Physiologie beansprucht. — Durch die Vergleichung des Baues

der Organe z. B. des Auges oder Ohres bei allen Thieren lernen wir das Wesentlichere von dem Nebensächlichen unterscheiden; wir lernen durch die mikroskopisch-anatomische Zergliederung die Beziehungen der kleineren sichtbaren Elementarbestandtheile zur Lebensarbeit beurtheilen, die Veränderungen beobachten, welche diese bedingt, wobei uns verschiedene optische Methoden bereits die werthvollsten Aufschlüsse gegeben haben, wie z. B. die Untersuchungen des erschlafften und contrahirten Muskels mit Hülfe des polarisirten Lichtes. Die mikroskopische Zergliederung des gesammten Thierreiches wird in diesen Fällen zu einer physiologischen Disciplin und findet ihre Bedeutung in der Erkenntniss, dass alle Thiere und der Mensch Variationen über einen Gedanken darstellen. Nachdem diejenigen Gelehrten, deren Lebensberuf darin besteht, über die Beziehungen der Naturthatsachen nachzudenken, zu der allgemeinen Ueberzeugung gelangt sind, dass die Descendenztheorie — wenn auch nicht der nackte Darwinismus — auf Wahrheit beruht, schöpft die Physiologie des Menschen reiche Kraft und Nahrung aus dem Bewusstsein, dass die ganze lebendige Natur eine grosse Familie ist, die im Laufe der Zeit zu immer grösserer Vollkommenheit emporstrebt. — —

Damit ich endlich unter den Aufgaben der Physiologie die schwerste und höchste nicht vergesse, liegt ihr ob, Rechenschaft abzulegen über die materiellen Voraussetzungen der Seelenthätigkeiten, wodurch sie mit der Philosophie in die innigsten Beziehungen tritt. —

Nach den bis jetzt gemachten Erörterungen wird es klar sein, dass ein physiologisches Institut eine chemische, physikalische und morphologisch-histiologische Abtheilung enthalten muss.

Ich gehe nun dazu über, einen kurzen Ueberblick über die innere Anordnung der Räume dieses Gebäudes Ihnen darzulegen. Das Parterre ist wesentlich der Chemie gewidmet. Wenn wie in diesem Sommer mehr als 40 Praktikanten an dem physiologisch-chemischen Curse theilnehmen und in Anschlag gebracht wird, dass für die Assistenten und Seminaristen eine bestimmte Zahl von Arbeitsplätzen disponibel bleiben muss, so werden die 4 grossen chemischen Arbeitsräume vollständig in Anspruch genommen. Im alten

physiologischen Institute konnten immer nur einige Praktikanten wirklich arbeiten, die anderen mussten zusehen. Es ist ferner ein fünftes kleineres chemisches Laboratorium im Parterre zu erwähnen, in dem sich ein grösserer Abzug zur Destillation und Entwicklung giftiger Gase befindet. Da die Waagen den ätzenden Dämpfen der Laboratorien nicht ausgesetzt werden dürfen, so sind diese in einem sechsten kleineren Zimmer aufgestellt. Ein siebentes grösseres Laboratorium des Paterre's enthält die Quecksilberpumpen und Einrichtungen für die organische Elementaranalyse, soweit sie mit Messung von Gasen zu thun hat. Es handelt sich hier um meist grosse, schwere, mit bedeutenden Quecksilbermassen gefüllte, an der Wand befestigte Glasapparate, die eine definitiv fixirte Stellung einnehmen müssen. Dieses Laboratorium ist also vorzugsweise für die Fragen der Respiration bestimmt. Neben dem Raum der Quecksilberpumpen, der zur Gewinnung von Gasen dient, befindet sich als achter Raum des Parterre's die Kammer für die Gasanalyse. Diese muss bekanntlich constante Temperatur haben und darf deshalb nur in dem Augenblick betreten werden, wo der Beobachter mit dem Fernrohr abliest. — Schliesslich bleibt im Parterre ein Sammlungssaal zu erwähnen, in dem besonders grössere werthvolle Apparate sowie die zur Demonstration in den Vorlesungen dienenden Objecte wohl gesichert aufgestellt werden können.

Was die obere Etage betrifft, in der wir uns befinden, so enthält diese zunächst drei Zimmer für die in das Gebiet der physiologischen Physik und der Physiologie im engeren Sinne fallenden Untersuchungen, die schon der Schonung der kostbaren Apparate halber nicht in den mit ätzenden Dämpfen häufig geschwängerten chemischen Laboratorien ausgeführt werden könnten. Eines dieser drei Zimmer muss aber auch als Wartezimmer für die Examinanden resp. meine Sprechstunde in Anspruch genommen werden. An die genannten Laboratorien schliesst sich ein Dunkelzimmer für optische Versuche und mein Privatlaboratorium, das wieder aus einem zu chemischen und einem zu physikalischen Untersuchungen bestimmten Arbeitsraum besteht. Neben dem Privatlaboratorium liegt mein allgemeines Geschäftszimmer, sowie die Bibliothek.

Die anderen Räume der oberen Etage sind den eigentlichen

Vorlesungen gewidmet. Wir haben zunächst dieses grosse Auditorium, welches das augenblickliche Bedürfniss übersteigt, falls nicht der Physiologe allgemeinere, mehre Facultäten interessirende Vorlesungen halten will. Da aber die Frequenz der Universitäten grossen Schwankungen unterliegt und wir in Bonn schon medicinische Auditorien von mehr als hundert Zuhörern hatten, so würde es falsch gewesen sein, bei dem Neubau eines Institutes, das für Jahrhunderte bestimmt ist, den Maassstab der augenblicklichen Frequenz anzulegen. Die reiche Beleuchtung dieses Saales ist bei Abendvorlesungen zur scharfen Beobachtung der auf dem Katheder angestellten Experimente absolut nothwendig.

Die gegenwärtige Frequenz und die gewöhnlichen Fachvorlesungen vorausgesetzt genügt das neben diesem befindliche für ca. 70 Zuhörer bestimmte kleinere Auditorium. Zwei Auditorien sind nothwendig, damit die Assistenten, welche Docenten sind, auch unbehindert lesen können. Bei diesen Vorlesungen nimmt der Lehrende wegen der Vorbereitungen der Experimente das Katheter zum Behufe der Aufstellung und Ajüstirung von Apparaten oft längere Zeit, selbst mehrere Tage in Anspruch, sodass zwei Docenten, die dasselbe Auditorium dauernd benutzen wollten, sich häufig gegenseitig in erheblicher Weise stören würden. Neben je einem Auditorium befindet sich ein kleineres Zimmer zur vorläufigen Vorbereitung der Experimente sowie zur Uebermittlung der durch den Aufzug aus dem Sammlungssaale heraufbeförderten grösseren Apparate in das Auditorium. Schliesslich bleibt noch ein unmittelbar neben dem grossen Auditorium liegender sehr heller Saal, der zu mikroskopischen Demonstrationen bestimmt ist, welche sich an die Vorlesung anschliessen.

Die Räume des Souterrains enthalten die Wohnungen der beiden Diener, eine mechanische Werkstätte, ein Hülfsgaslaboratorium, einen Vivisectionsraum, Ställe für Thiere und Aquarien, sowie den Eis- und Kohlenkeller. Wir haben bisher unseren grossen Bedarf an Eis während der wärmeren Jahreszeit theuer bezahlen müssen, und oft gar nicht erhalten können, so nothwendig wir es auch brauchten.

Der Rest des Gebäudes ist von den Dienstwohnungen des Directors und des ersten Assistenten eingenommen.

Die Rechtfertigung der Gewährung von Dienstwohnungen

liegt einmal in der Nothwendigkeit der Ueberwachung der Conservation des kostbaren mobilen und immobilen Inventars. Denn der Director trägt die persönliche Verantwortung. Gerade in diesem Institute bleibt die Feuersgefahr wegen der grossen Zahl sehr weiter Leuchtgasröhren ganz besonders zu beachten. Wesentlicher aber noch ist, dass die Seminaristen und der Director zu jeder Stunde des Tages in dem Laboratorium thätig sind. Die Leitung der Arbeiten wird dem Director aber besonders erschwert oder ganz unmöglich gemacht, wenn seine Wohnung weit entfernt liegt. Ausserdem führen wir häufig Versuchsserien aus, die eine vielstündige Dauer haben, ohne dass eine Unterbrechung der Beobachtung möglich oder vortheilhaft ist. Ich musste desshalb in den letzten 19 Jahren, wie meine Assistenten und Seminaristen wissen, sehr oft auf meine Mittagsmahlzeit verzichten oder mich doch in unordentlicher Weise ernähren.

Die Gerechten werden also nicht mehr fragen, ob bei diesem Baue des Guten zu viel geschehen, sondern einsehen, wie gross, weil nur dem nothwendigen Bedürfniss genügt ist, die Entbehrungen der beiden letzten Decennien für Schüler und Lehrer waren. — —

Es ist gewiss noch von besonderer Bedeutung, wie die wohlwollende gelehrte Welt des Auslandes die Verhältnisse beurtheilt, von denen ich hier gehandelt habe. Soeben erhalte ich ein Exemplar von The Daily Free Press vom 31. October 1878, in welcher sich ein Bericht findet über eine bei Gelegenheit der diesjährigen Eröffnung der Universität Aberdeen gehaltene Rede des berühmten englischen Professors der Medicin Dr. Struthers. Er beschreibt seinen Landsleuten die verschiedenen wissenschaftlichen Institute Deutschlands und besonders Bonn's. Speciell hebt er hervor, dass das neue hiesige physiologische Institut ein grosses Gebäude sei; wenn man aber die inneren Einrichtungen genauer untersuche, würde man finden, dass es keineswegs zu gross genannt werden könne. Nachdem er alle Institute besprochen, betont er, dass Bonn nur ungefähr $^1/_3$ der Grösse von Aberdeen habe und nicht so viele Studirende der Medicin (Aberdeen wird nämlich von nahe 300 Studirenden der Medicin frequentirt). Alles dies müsse

die britischen Universitäten mit Scham erfüllen. Allen Männern in England, von denen das Wohl der englischen Hochschulen abhänge, rathe er im Ernste, nach Bonn oder Leipzig während der Ferien zu gehen. Sie würden bescheidener und weiser zurückkehren und befähigter, über die Bedürfnisse der Universitäten zu urtheilen. — —

So erkläre ich denn dieses Institut der Physiologie für eröffnet. — —

Möchten Lehrer und Schüler, die jetzt und in Zukunft an ihm zu wirken berufen sind, eingedenk bleiben der grossen Vorbilder, welche vor ihnen in Bonn der Physiologie Meister waren. Hier begann Johannes Müller seine berühmte academische Laufbahn. Ich selbst bin so glücklich, ihn meinen Lehrer nennen zu dürfen, da ich Anatomie und Physiologie bei ihm hörte. Er hat uns gelehrt, dass der Theil nur verstanden werden kann durch das Ganze, und dass das Allgemeine mehr werth ist als das Besondere. Bei der speciellsten Untersuchung blieb er stets in Fühlung mit der gesammten lebendigen Natur. Jedes Glied in der grossen Kette war seiner Beachtung und Forschung würdig, mochten für das tiefere Verständniss chemische, physikalische oder anatomische Methoden nothwendig sein. Eine in lauterer Liebe zur Wissenschaft wurzelnde Begeisterung, welche Ihn nie verliess und eine glühende Leidenschaft für die Lösung der Räthsel des Lebens übten auf uns einen fast dämonischen Zauber, der — so lange nach seinem Tode — in den Herzen seiner Schüler nicht versiegt ist. —

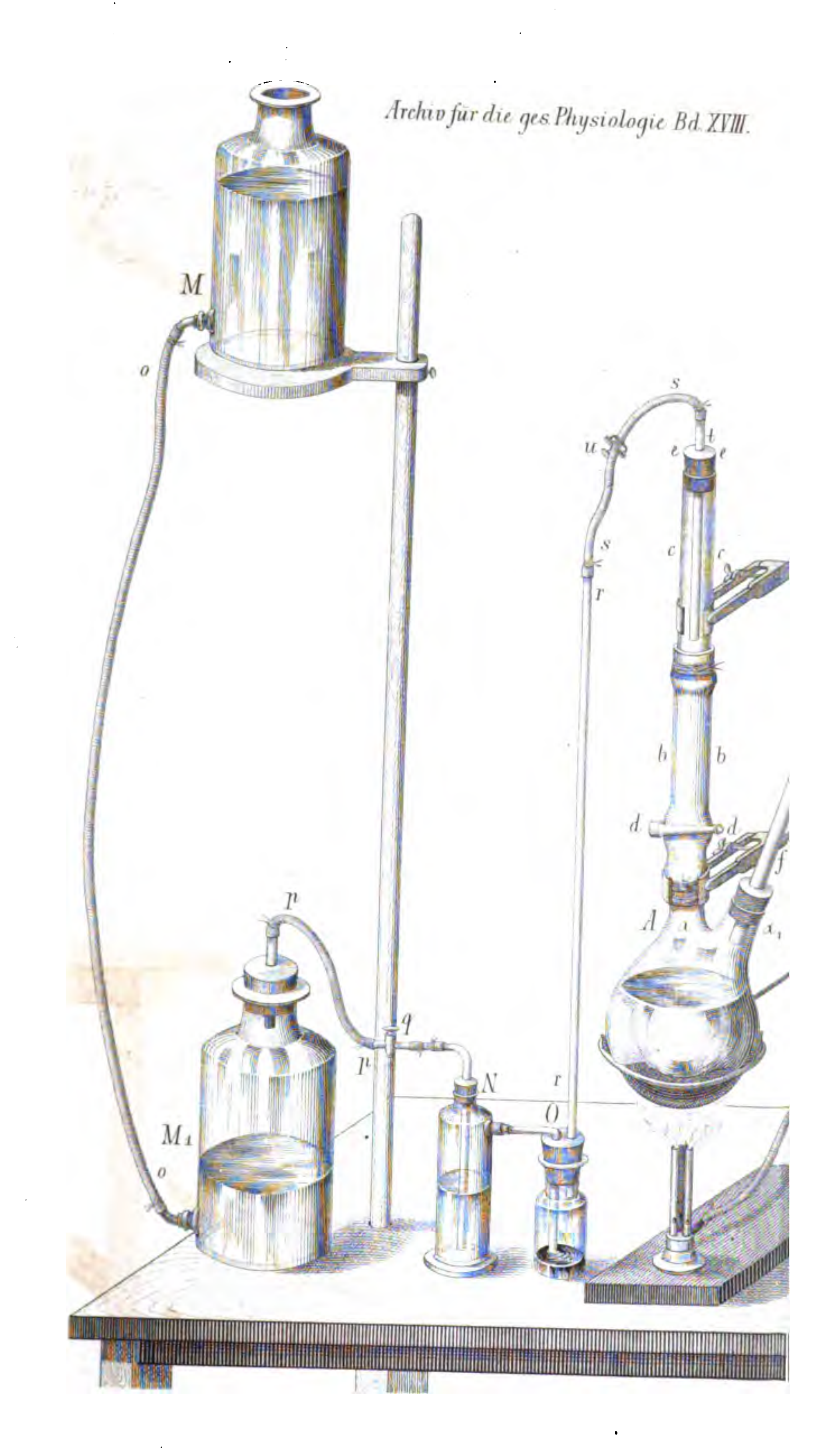
Hier an dieser Universität erhob sich ferner Theodor Schwann's glänzendes Gestirn, des Begründers der Zellentheorie, der noch in Bonn Müller's Vorlesungen besuchte und auch heute mit Begeisterung sich zu dessen Schülern zählt. —

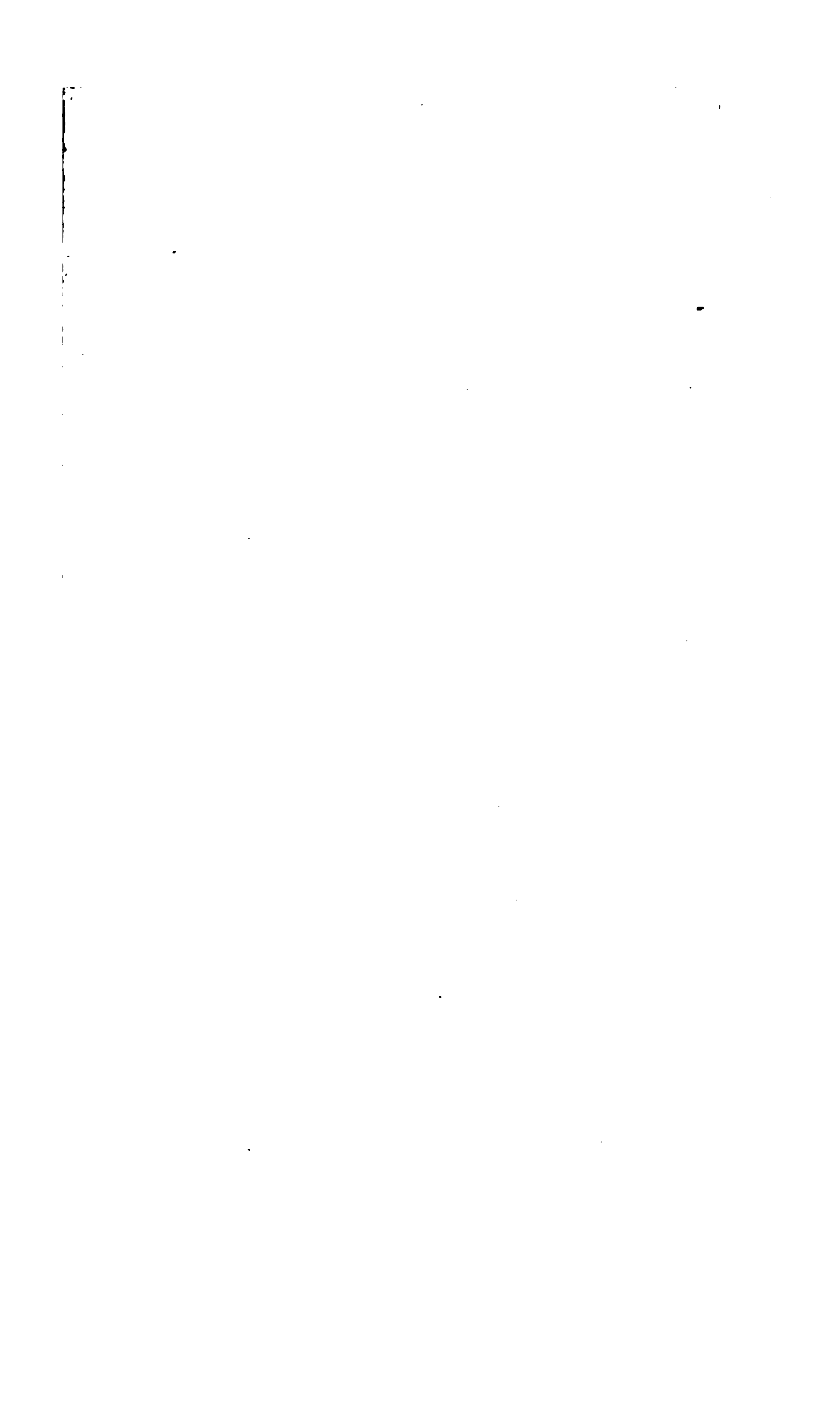
Zu Jenen gesellt sich endlich noch mein unmittelbarer Vorgänger im Amte, Hermann Helmholtz, auch ein Schüler Müller's, tief und gewaltig genug, um in Physiologie, Physik, Mathematik und Philosophie zugleich das Höchste zu leisten. —

Diese drei ächten Zeugen germanischer Geisteskraft reihen sich an die Zahl erlauchter Männer unseres Volkes, die es zum

ersten der Erde gemacht haben. Erkämpft hat es die Palme des Sieges nicht bloss durch die Vielseitigkeit seiner natürlichen Begabung, sondern in vielleicht höherem Maasse durch die Lust an eiserner Arbeit und den Adel seiner Gesinnung, der so oft für die sittlichen und geistigen Güter der Menschheit die materiellen zu opfern bereit war. Gerade jetzt aber, wo wir auf der Höhe des Daseins stehen, gemahnt uns — dass es so bleibe — die Pflicht, festzustehen gegen den Beginn der Verderbniss und des Verfalls. An jeden ächten Sohn des Vaterlandes ergeht der Mahnruf:

Halte was Du hast, dass Niemand Deine Krone nehme.


Archiv für die ges. Physiologie Bd. XVIII.
M
o
s
u
t
e
c
r
b
d
f
p
q
N
O
A
a
M1



(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Ueber Brechung bei schiefer Incidenz, mit besonderer Berücksichtigung des Auges. I. Theil[1].

Von

L. Hermann.

Hierzu Tafel VI.

1. Vorbemerkungen, Zusammenhang zwischen den Problemen der schiefen Incidenz und der sphärischen Abweichung.

Die gewöhnlichen dioptrischen Formeln für sphärische Flächen gelten nur für solche Strahlen, deren Winkel mit dem Einfallsloth klein genug sind, um ihre Sinus mit den Bogen vertauschen zu können. Für ein centrirtes System kann diese Bedingung nur erfüllt sein, wenn die Strahlen von dem einzigen allen Flächen gemeinsamen Einfallsloth, nämlich der Axe, nur um kleinste Winkel abweichen, während bei einer einzelnen Fläche jeder Radius gleiche Bedeutung hat. In aller Strenge gelten also die dioptrischen Formeln nur für unendlich dünne Strahlenbündel, welche in der Richtung der Axe, oder bei einer einzelnen Fläche in der Richtung eines Radius, einfallen.

Nach zwei Richtungen aber kommen in Wirklichkeit Ueberschreitungen des bezeichneten Gültigkeitsbereichs vor: erstens indem die Strahlenbündel eine gewisse Dicke haben, zweitens indem sie, auch bei unendlicher Dünne, grössere Winkel mit der Axe, resp. dem Radius, bilden. Obgleich beide Fälle in

1) Das Folgende enthält Erweiterungen und Vervollständigungen meiner früheren Arbeit: „Ueber schiefen Durchgang von Strahlenbündeln durch Linsen und über eine darauf bezügliche Eigenschaft der Krystalllinse (Gratul.-Schrift der med. Facult. in Zürich für Prof. Ludwig). Zürich 1874. Ein kurzer Auszug erschien in Poggendorff's Annalen CLIII. p. 470, und ein Zusatz „über eine optische Eigenschaft der Kugel" in der Vierteljschr. d. naturf. Ges. in Zürich 1875. p. 418.

einander übergehen, liegt doch die Aufgabe in ihnen wesentlich verschieden.

Der ganze Complex der von einem Puncte ausgehenden Strahlen bildet nach einer Brechung durch eine oder mehrere brechende Flächen jedesmal eine Brennfläche, gebildet von den Durchschnittspuncten benachbarter gebrochener Strahlen; diese Fläche erscheint, weil sie aus Schnittpuncten von Strahlen besteht, im Allgemeinen leuchtend; aber helleres Leuchten, bis zur Sichtbarkeit, ist nur da vorhanden, wo die Schnittpuncte dichter gedrängt sind; in dieser Hinsicht ausgezeichnete Linien oder Puncte heissen Brennlinien resp. Brennpuncte. Die Brennfläche ist identisch mit der Krümmungsmittelpunctsfläche der Wellenfläche, d. h. derjenigen Fläche, zu der die Strahlen innerhalb eines Mediums senkrecht stehen[1]). Sie ist nach einer einmaligen Brechung noch ziemlich leicht zu übersehen; hier ist ihr Haupttheil eine conoidische Fläche, deren Spitze, der Brennpunct, aus dem angegebenen Grunde am hellsten leuchtet. Ist z. B. (Fig. 1) l der leuchtende Punct, der die sphärische Fläche ab bestrahlt, so schneiden sich alle in der Ebene des Papieres liegenden benachbarten Strahlenpaare in der Curve rfs, und zwar am dichtesten gedrängt in der Nähe des Punctes f, des Vereinigungspunctes der centralen Strahlen. Dreht man die Figur 1 um die Linie lKf, welche wir Directionslinie nennen wollen, so beschreibt die Curve rfs eine Brennfläche, die in der Nähe von f am hellsten ist. Aber ausserdem enthält die Axe Kf selber ein System von Schnittpuncten, denn der Punct i ist z. B. Durchgangspunct aller Strahlen, welche in dem um m mit dem Radius mc beschriebenen Kreise auf die Fläche auffallen. Die Directionslinie selber also leuchtet in der Nähe von f.

Fällt aber von den von l ausgehenden Strahlen nur ein unendlich dünnes Bündel lcd auf die Fläche, so besteht das Bild nur aus unendlich kleinen Theilen der Brennfläche. Man sieht sofort, dass es sich um die Puncte e und i handelt. e ist der Schnittpunct der unendlich benachbarten Strahlen lc und ld; die nächstliegenden Schnittpuncte, von den nächstliegenden analogen Strahlenpaaren herrührend, liegen in der Peripherie des kleinen Kreises,

---

1) Dass die Strahlen in isotropen Medien die Eigenschaft zu einer Fläche senkrecht zu stehen stets behalten, ist ein von Malus und Dupin entwickeltes Princip (vgl. Helmholtz, physiol. Optik, p. 238 ff.).

den der Punct e bei der Drehung der Figur um die Directionslinie beschreibt; da aber nur ein unendlich kleiner Theil dieser Peripherie in Betracht kommt, so haben wir in e eine unendlich kleine, grade Brennlinie, die zur Papierebene senkrecht steht. Der zweite leuchtende Theil der Brennfläche ist in diesem Falle lediglich der Punct i, in welchem diejenigen Strahlen des Bündels, welche in dem zur Papierebene senkrechten unendlich kleinen Theil des mit lc um die Directionslinie beschriebenen Kegels liegen, nach der Brechung sich schneiden.

Hat man mehr als eine brechende Fläche, so wird die Gestalt der ganzen Brennfläche sehr schwierig übersehbar, ausser wenn das System centrirt ist und der leuchtende Punct in der Axe liegt, in welchem Falle die Fläche im Wesentlichen ähnliche Gestalt behält. Dagegen ist das Verhalten eines unendlich dünnen Strahlenbündels auch in diesen Fällen ziemlich leicht übersehbar. Ein solches hat nämlich stets die Eigenschaft durch zwei zu einander senkrechte, unendlich kleine, grade Brennlinien hindurchzugehen[1]). Der Beweis hierfür lässt sich allgemein aus dem „Princip der Wellenfläche" ableiten. Das unendlich dünne Bündel ist der Complex der Normalen auf einen unendlich kleinen Theil dieser Fläche; für diesen kleinen Theil kann aber, welche Gestalt auch die Fläche habe, das osculirende Paraboloid substituirt werden. Das Strahlenbündel steht also zum Scheitel eines Paraboloids senkrecht; alle gegenseitigen Schnittpuncte der Strahlen liegen demnach in dem dem Scheitel entsprechenden Theil der Krümmungsmittelpunctsfläche des Paraboloids, und dieser Theil besteht wesentlich aus zwei zu einander und zur Axe des Paraboloids, d. h. zum Leitstrahl, senkrechten unendlich kleinen Brennlinien. Der Ort der beiden Brennlinien lässt sich in jedem Falle durch höhere Rechnung, für den Fall centrirter Systeme auch auf elementarem Wege finden. Für centrirte Systeme lässt sich nämlich beweisen, dass die beiden Brennlinien der ersten Brechung wie leuchtende Objecte für die folgende Brechung behandelt werden können, um den Ort der neuen Brennlinien zu finden. Legt man durch den leuchtenden Punct und die Axe des Systems eine Ebene (den „Hauptschnitt") und beschränkt die Betrachtung auf ein unendlich dünnes,

---

1) Die hauptsächliche Literatur dieses Satzes von den sog. Sturm'schen Brennlinien ist in meiner citirten Schrift mitgetheilt.

im Hauptschnitt einfallendes Strahlenbündel, so bleiben das Bündel und seine Brennlinienorte stets im Hauptschnitt. Die eine Brennlinie (im Folgenden stets als erste, und mit dem Index 1 bezeichnet) liegt jedesmal senkrecht zum Hauptschnitt, die zweite jedesmal im Hauptschnitt und zwar geht letztere stets durch die Directionslinie der letztdurchlaufenden brechenden Fläche (d. h. die durch ihren Krümmungsmittelpunct und den vorigen zweiten Brennpunct gelegte Grade), offenbar da wo diese vom Leitstrahl geschnitten wird[1]).

Abgesehen von den gewöhnlichen Fällen der centralen Brechung sind also besonders zwei Fälle der Betrachtung zugänglich: erstens die Bestimmung der ganzen Brennfläche eines dicken Bündels, sobald der leuchtende Punct in der Axe liegt; zweitens die Bestimmung der Brennlinien eines unendlich dünnen Bündels, bei jeder Lage des leuchtenden Punctes. Das erstere Problem ist das der sog. sphärischen Abweichung der Randstrahlen, das letztere das der schiefen Incidenz. Der Zusammenhang beider Probleme ist aus dem Vorstehenden ersichtlich.

Die Abbildung eines von der Axe entfernten Punctes geschieht, wenn das Strahlenbündel hinreichend dünn ist, nach dem Gesagten in zwei von einander getrennten Brennlinien; ihr gegenseitiger Abstand heisst die „Brennstrecke", und ist um so kürzer je näher der Axe der leuchtende Punct liegt; liegt er in der Axe (der normale Fall), so fallen die beiden Brennlinien in einen Brennpunct zusammen. Ist das Strahlenbündel nicht unendlich dünn, so kommt statt beider Brennlinien ein mehr oder minder grosses Stück der Brennfläche in Betracht, in welchem aber verwaschene bogenförmige Brennlinien meist noch durch grössere Helligkeit hervortreten, wie man sich leicht durch Versuche veranschaulichen kann.

Ist statt eines leuchtenden Punctes ein Object vorhanden, so entstehen an den günstigsten Stellen, nämlich an den Orten der Brennlinien, Abbildungen desselben, welche statt aus Bildpuncten aus Brennlinien bestehen und deshalb undeutlich und verzerrt sind. Relativ deutlich erscheinen im Bilde solche Linien, deren Puncte in

---

1) In dem oben erörterten Grenzfall ist die im Hauptschnitt liegende Brennlinie auf einen Punct (i) reducirt, d. h. das Paraboloid ist, indem die Krümmung in der einen Richtung unendlich geworden ist, zu einer ebenen Parabel degenerirt und die eine Brennlinie in ihren Scheitelpunct gerückt.

der Richtung der Linie selbst verzerrt sind. Von einem Gitter kann also am Ort einer horizontalen Brennlinie ein Bild erscheinen, mit deutlichen horizontalen, aber verwaschenen verticalen Linien, während am Orte der verticalen Brennlinie es umgekehrt ist. Befindet sich die auffangende Fläche zwischen beiden Orten, so erscheint alles verwaschen. Die Länge der Brennstrecke ist, bei gehöriger Berücksichtigung der übrigen Umstände, ein Massstab für die Güte des Bildes.

2. Abbildung bei schiefer Incidenz auf eine einfache sphärische Fläche.

Der Ort des leuchtenden Punctes ist bestimmt, wenn gegeben ist: der Winkel φ, den der Leitstrahl am Einfallspunct mit dem Einfallsloth bildet, und der Abstand e des Punctes vom Einfallspunct, auf dem Leitstrahl gemessen. Ist ferner r der Radius der brechenden Fläche, die nach vorn convex angenommen ist, und n das Brechungsverhältniss, endlich ψ der Winkel zwischen gebrochenem Leitstrahl und Einfallsloth (so dass $\sin\varphi = n \sin\psi$), so ergeben sich als Abstände der beiden Brennlinien vom Einfallspunct (auf dem gebrochenen Leitstrahl gemessen) die Werthe[1]):

$$(1) \qquad f_2 = \frac{nr}{A - \frac{r}{e}} \qquad \text{und} \qquad f_1 = \frac{nr\cos^2\psi}{A - \frac{r}{e}\cos^2\varphi}, \qquad (2)$$

worin

$$A = n\cos\psi - \cos\varphi = \sqrt{n^2 - \sin^2\varphi} - \cos\varphi = n\cos\psi - \sqrt{1 - n^2\sin^2\psi}.$$

Für $e = \infty$ erhält man die Orte der beiden Hauptbrennlinien, nämlich

$$(3) \qquad F_2 = \frac{nr}{A} \qquad \text{und} \qquad F_1 = \frac{nr\cos^2\psi}{A} = F_2\cos^2\psi, \qquad (4)$$

woraus weiter die Beziehungen folgen:

$$(5) \qquad \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_2} - \frac{1}{ne} \qquad \text{und} \qquad \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1} - \frac{\cos^2\varphi}{ne\cos^2\psi}. \qquad (6)$$

Sucht man jetzt die vorderen Hauptbrennpuncte, d. h. diejenigen Werthe von e, für welche f_2, resp. f_1, unendlich werden,

1) Die trigonometrische Ableitung der beiden folgenden Gleichungen s. in meiner citirten Schrift p. 8 ff. Obgleich im vorliegenden Specialfall die 2. Brennlinie auf einen Punct reducirt ist, wird im Folgenden ihr Ort als Ort der 2. Brennlinie bezeichnet.

so ergeben sich als ihre auf dem Leitstrahl gemessenen Abstände die Werthe:

$$(7)\quad E_2 = \frac{r}{A} = \frac{F_2}{n} \quad \text{und} \quad E_1 = \frac{r\cos^2\varphi}{A} = \frac{F_1}{n}\cdot\frac{\cos^2\varphi}{\cos^2\psi}. \quad (8)$$

Endlich ergeben sich die Beziehungen:

$$(9)\quad \frac{E_2}{e} + \frac{F_2}{f_2} = 1 \quad \text{und} \quad \frac{E_1}{e} + \frac{F_1}{f_1} = 1. \quad (10)$$

Von den angeführten Beziehungen sind einige ganz analog den Beziehungen bei normalem Durchgang, nämlich (5), (7), (9) und (10). Vor allem aber berechtigen sie den Begriff der conjugirten Puncte auch auf die schiefe Incidenz zu übertragen. Man findet zunächst, dass die Lage E_2 nicht bloss denjenigen vorderen Punct bestimmt, dessen Bild eine unendlich entfernte hintere „zweite" Brennlinie ist, sondern dass sie auch umgekehrt die Lage der zweiten Brennlinie für einen hinten unter dem Incidenzwinkel ψ leuchtenden unendlich entfernten Punct darstellt. (Um dies zu beweisen, setze man in Gleichung (1) $-\infty$ für e, ψ für φ, φ für ψ, $-r$ für r, $\frac{1}{n}$ für n, und löse für f_2; man erhält den gleichen Werth wie oben für E_2.) Dasselbe gilt für E_1. Ein unendlich entfernter Punct a wirft also dahin seine 2. Brennlinie, wo ein leuchtender Punct liegen müsste, um in a eine zweite Brennlinie zu entwerfen; und der gleiche Punct a wirft dahin seine 1. Brennlinie, wo ein Lichtpunct liegen müsste, um in a eine 1. Brennlinie zu entwerfen. Weiter folgt nun aus den Gleichungen (9) und (10) das Gleiche für endlich entfernte Puncte; d. h. e und f_2 sind in dem Sinne conjugirt, dass ein leuchtender Punct in e nach f_2 seine 2. Brennlinie, aber ebenso ein leuchtender Punct in f_2 nach e seine 2. Brennlinie wirft u. s. w. Wir können also die letzten Gleichungen auch schreiben:

$$(11)\quad \frac{E_2}{e_2} + \frac{F_2}{f_2} = 1 \quad \text{und} \quad \frac{E_1}{e_1} + \frac{F_1}{f_1} = 1, \quad (12)$$

und den Fall wo e ein leuchtender Punct ist, so auffassen, dass $e_1 = e_2$ ist.

Hieraus ergibt sich aber für die Berechnung des Strahlenganges durch mehrere brechende Flächen die practisch wichtige Regel, dass diese Rechnungen, einerseits für das Lagensystem 1, andererseits für das Lagensystem 2, unabhängig von einander ganz so durchgeführt werden können, wie bei normalem Durchgang, näm-

lich so dass man das 2. Bild einer Fläche unter Anwendung der Gleichung (1) oder (11) als Object für die folgende Fläche nimmt, und ebenso die 1. Bilder behandelt mittels der Gleichungen (2) oder (12).

In meiner citirten Schrift finden sich Constructionsregeln für die Brechung an einer Fläche, auf welche ich hier lediglich verweise. Dagegen will ich hier einen interessanten Satz anführen, auf welchen ich seitdem gekommen bin.

Die Gleichung (3) nämlich, welche vollständig lautet

$$F_2 = \frac{n r}{\sqrt{n^2 - \sin^2\varphi} - \cos\varphi}$$

lässt sich leicht umformen in

$$F_2 = \frac{n r}{n^2 - 1}\left(\sqrt{n^2 - \sin^2\varphi} + \cos\varphi\right). \tag{13}$$

Dies ist aber die excentrische Polargleichung eines Kreises, dessen Radius $\frac{n^2 r}{n^2 - 1} = \frac{n F}{n+1}$, und dessen Mittelpunct vom Pol der Vectoren (d. h. vom Incidenzpunct) absteht um $\frac{n r}{n^2 - 1} = \frac{F}{n+1}$, worin F die centrale Brennweite der brechenden Fläche bedeutet. Alle zweiten Hauptbrennpuncte liegen also in einem Kreise, der durch den centralen Hauptbrennpunct hindurchgeht. Aus der Gleichung (4) ergiebt sich weiter als geometrischer Ort aller ersten Hauptbrennpuncte eine Curve höheren Grades, welche den Kreis im centralen Hauptbrennpunct tangirt. Die Figur 2 stellt diese beiden Curven für die brechende Fläche AB dar, deren Krümmungsmittelpunct in K und deren Brennpunct in F liegt, und veranschaulicht zugleich aufs Schönste die Zunahme der Brennstrecken $F_1 F_2$ mit dem Incidenzwinkel, und das Maximum, welches, wie ich schon früher gezeigt habe, die Brennstrecke für einen gewissen Winkel erreicht. Die gezeichneten Vectoren sind die gebrochenen Strahlen, die durch Gradzahlen bezeichneten Winkel also die Winkel ψ. Vervollständigt man die Curve F F_1 F_1, so ergibt sich, dass dieselbe im Hauptpunct H einen sog. „Doppelpunct" besitzt; doch kommt natürlich der vordere Theil der Curve practisch nicht in Betracht, da ψ nicht einmal bis 90° wachsen kann.

3. Abbildung bei schiefer Incidenz auf die Mitte einer Linse, deren Dicke vernachlässigt wird[1]).

Ist die Linse biconvex, ihre beiden Radien r und ϱ, n das Brechungsverhältniss zwischen Substanz der Linse und dem Medium, in welchem sie sich befindet, so ergiebt sich, wenn man die oben begründete Regel anwendet und berücksichtigt, dass der Leitstrahl nach der weiten Brechung wieder seine ursprüngliche Richtung erlangt:

$$(14)\quad f_2 = \frac{1}{\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{\varrho}\right)A - \frac{1}{e_2}} \quad \text{und} \quad f_1 = \frac{\cos^2\varphi}{\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{\varrho}\right)A - \frac{\cos^2\varphi}{e_1}} \quad (15)$$

oder

$$(16)\quad \frac{1}{e_2}+\frac{1}{f_2} = \left(\frac{1}{r}+\frac{1}{\varrho}\right)A \quad \text{und} \quad \frac{1}{e_1}+\frac{1}{f_1} = \left(\frac{1}{r}+\frac{1}{\varrho}\right)\frac{A}{\cos^2\varphi} \quad (17)$$

in welchen Gleichungen $e_1 = e_2$ oder $f_1 = f_2$ zu setzen ist, je nachdem das punctförmige Object vorn oder hinten liegt (s. oben).

Für die Hauptbrennweiten, welche vorn und hinten gleich sind, ergibt sich:

$$(18)\quad \frac{1}{E_2} = \frac{1}{F_2} = \left(\frac{1}{r}+\frac{1}{\varrho}\right)A = \frac{A}{n-1}\cdot\frac{1}{F} \quad \text{und}$$

$$(19)\quad \frac{1}{E_1} = \frac{1}{F_1} = \left(\frac{1}{r}+\frac{1}{\varrho}\right)\frac{A}{\cos^2\varphi} = \frac{A}{(n-1)\cos^2\varphi}\cdot\frac{1}{F}, \text{ oder } F_1 = F_2\cos^2\varphi,$$

worin F wiederum die centrale Hauptbrennweite.

Aus (16) bis (19) folgt endlich

$$(20)\quad \frac{1}{e_2}+\frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_2} \quad \text{und} \quad \frac{1}{e_1}+\frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1}. \quad (21)$$

Indem ich auch hier bezüglich der Constructionen lediglich auf meine Schrift verweise, will ich einen dem obigen entsprechenden, ebenfalls erst neuerdings von mir gefundenen Satz über die geometrischen Orte der Hauptbrennweiten einer dünnen Linse kurz entwickeln. Die Gleichung (18) nämlich, welche vollständig lautet (in Umkehrung)

$$F_2 = \frac{(n-1)\,F}{\sqrt{n^2-\sin^2\varphi}-\cos\varphi},$$

lässt sich umformen in

$$(22)\quad F_2 = \frac{F}{n+1}\left(\sqrt{n^2-\sin^2\varphi}+\cos\varphi\right);$$

1) Von hier ab sind stets nur solche Strahlenbündel gemeint, welche mit der Axe der Linse, resp. des Systemes in der gleichen Ebene liegen.

dies ist aber die excentrische Polargleichung eines Kreises, dessen Radius wie bei der einfachen Fläche ist $\frac{nF}{n+1}$, und dessen Mittelpunct vom Pol der Vectoren (d. h. von der Mitte der Linse) auf der Axe absteht um $\frac{F}{n+1}$; alle zweiten Hauptbrennpuncte liegen also wiederum in einem Kreise, der durch den centralen Hauptbrennpunct hindurchgeht. Aus der Gleichung (19) in der Form $F_1 = F_2 \cos^2\varphi$ ergibt sich auch hier als geometrischer Ort der ersten Hauptbrennpuncte eine Curve höheren Grades, welche den Kreis im centralen Hauptbrennpunct tangirt; diese Curve ist mit der in Figur 2 identisch, Fig. 2 gilt daher auch für die Linse LL; nur sind jetzt die Winkel der Vectoren zugleich die Incidenzwinkel φ, können also bis 90° wachsen. Wieder sind die Vectorenstücke zwischen Kreis und Curve die den Incidenzwinkeln entsprechenden Brennstreckenlängen.

4. Abbildung eines im Hauptschnitt liegenden Strahlenbündels bei schiefer Incidenz auf einen beliebigen Punct einer dicken Linse, ohne Vernachlässigungen.

Diesen allgemeinen Fall habe ich früher nicht behandelt, sondern mich auf solche Strahlenbündel beschränkt, welche durch den optischen Mittelpunct der Linse hindurchgehen, also nach der zweiten Brechung wieder der ersten Richtung parallel werden. Indessen ist, wie ich seitdem gefunden habe, der allgemeinere Fall ganz leicht elementarer Behandlung zugänglich, wenn man den obigen Satz von der Reciprocität zu Hülfe nimmt.

Wiederum sei n das Brechungsverhältniss, r der Radius der vorderen, ϱ der der hinteren Linsenfläche, die Linse sei biconvex, ferner sei d ihre Dicke in der Axe gemessen. Es sei ferner in Fig. 3 LA das incidirende unendlich dünne Strahlenbündel, LABM sein Weg durch die Linse, G und H seien die Krümmungsmittelpuncte, so dass $HA = r$, $GB = \varrho$, $GH = r + \varrho - d = D$. Liegt in L ein leuchtender Punct (oder eine leuchtende Brennlinie), so liegen nach der ersten Brechung die Orte seiner Brennlinien in der Richtung AB, und ihre Abstände von A ergeben sich mittels der Gleichungen (1) und (2), wenn der Winkel $HAB = \alpha$ bekannt ist, der für ψ einzusetzen ist. Läge ferner ein leuchtender Punct (oder eine Brennlinie) in der Linie MB, so liegen die Orte

der Brennlinien nach der Brechung bei B ebenfalls in der Richtung BA, und ihre Abstände von B ergeben sich auf ganz gleiche Weise mittels des Winkels GBA = β. Fallen nun die Brennlinien des ersten Falles mit den gleichnamigen des zweiten Falles zusammen, so sind die in den Linien LA und MB angenommenen Puncte conjugirt. Um aber dieses Zusammenfallen der inneren Bilder in die Rechnung einzuführen, hat man nur die algebraische Summe ihrer Abstände von A, resp. B, gleichzusetzen der Länge der Transversale AB = T. (Man hat nämlich zu berücksichtigen, dass der Abstand der Bilder, welche coincidiren sollen, im ersten Falle von A nach hinten, im zweiten von B nach vorn zählt.) Auf diese Weise erhält man als die gesuchten Gleichungen zwischen den Lagen der conjugirten Puncte die folgenden:

$$(23)\qquad \frac{nr}{n\cos\alpha - \sqrt{1-n^2\sin^2\alpha} - \frac{r}{e_2}} + \frac{n\varrho}{n\cos\beta - \sqrt{1-n^2\sin^2\beta} - \frac{\varrho}{f_2}} = T.$$

$$(24)\qquad \frac{nr\cos^2\alpha}{n\cos\alpha - \sqrt{1-n^2\sin^2\alpha} - \frac{r}{e_1}(1-n^2\sin^2\alpha)} + \frac{n\varrho\cos^2\beta}{n\cos\beta - \sqrt{1-n^2\sin^2\beta} - \frac{\varrho}{f_1}(1-n^2\sin^2\beta)} = T.$$

Aus der trigonometrischen Betrachtung der Dreiecke ACH und BCG ergiebt sich als Werth von AB = T:

$$(25)\qquad T = r\cos\alpha + \varrho\cos\beta - \sqrt{D^2 - (r\sin\alpha + \varrho\sin\beta)^2}$$
$$(\text{worin } D = r + \varrho - d).$$

Somit sind die Gleichungen (23) und (24) entweder für e_2 und e_1, oder für f_2 und f_1 vollkommen lösbar (die Resultate beider Fälle unterscheiden sich nur durch Vertauschung von α und β). Im letzteren Falle erhält man, unter Einführung der folgenden Abkürzungen

$$n\cos\alpha - \sqrt{1-n^2\sin^2\alpha} = A, \qquad n\cos\beta - \sqrt{1-n^2\sin^2\beta} = B,$$
$$1 - n^2\sin^2\alpha = M, \qquad 1 - n^2\sin^2\beta = N,$$

folgende, völlig strenge Gleichungen:

$$(26)\qquad f_2 = \varrho\cdot\frac{nr - \left(A - \frac{r}{e_2}\right)T}{B\left(nr - \left(A - \frac{r}{e_2}\right)T\right) + n\varrho\left(A - \frac{r}{e_2}\right)}$$

$$(27)\quad f_1 = N\varrho \cdot \frac{n r \cos^2\alpha - \left(A - M\frac{r}{e_1}\right)T}{B\left(n r \cos^2\alpha - \left(A - M\frac{r}{e_1}\right)T\right) + n\varrho\cos^2\beta\left(A - M\frac{r}{e_1}\right)},$$

oder

$$(28)\quad \frac{1}{f_2} = \frac{B}{\varrho} - \frac{1}{\frac{T}{n} - \frac{r}{A - \frac{r}{e_2}}}$$

$$(29)\quad \frac{1}{f_1} = \frac{B}{\varrho} - \frac{\cos^2\beta}{\frac{T}{n} - \frac{r\cos^2\alpha}{A - M\frac{r}{e_1}}}.$$

Die Hauptbrennweiten erhält man, wenn man $e = \infty$ setzt, also

$$(30)\quad F_2 = \varrho \cdot \frac{nr - AT}{n(Br + A\varrho) - ABT} \text{ oder } \frac{1}{F_2} = \frac{B}{\varrho} - \frac{1}{\frac{T}{n} - \frac{r}{A}}$$

$$(31)\quad F_1 = N\varrho \cdot \frac{nr\cos^2\alpha - AT}{n(Br\cos^2\alpha + A\varrho\cos^2\beta) - ABT}$$

oder

$$\frac{N}{F_1} = \frac{B}{\varrho} - \frac{\cos^2\beta}{\frac{T}{n} - \frac{r}{A}\cos^2\alpha}.\ [1])$$

[Wird die Dicke der Linse vernachlässigt, so erhält man die einfachen Gleichungen:

$$(32)\quad \frac{1}{F_2} = \frac{A}{r} + \frac{B}{\varrho}; \quad \frac{1}{e_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_2}$$

$$(33)\quad \frac{1}{F_1} = \frac{1}{N}\left(\frac{A\cos^2\beta}{r\cos^2\alpha} + \frac{B}{\varrho}\right); \quad \frac{M}{N}\cdot\frac{\cos^2\beta}{\cos^2\alpha}\cdot\frac{1}{e_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1}.$$

Diese Gleichungen sind allgemeiner als die oben für die dünne Linse entwickelten, weil jene die Incidenz auf die Mitte der Linse voraussetzten.]

Besonders wichtig ist nun aber der Fall, wo das Strahlenbündel durch den optischen Mittelpunct der Linse hindurchgeht (Fig. 4). Die Radien HA und BG sind in diesem Falle

1) Ist die Linse planconvex, so ergibt sich: a) wenn die plane Fläche vorn liegt ($r = \infty$): $F_2 = \frac{\varrho}{A}$, $F_1 = \frac{N\varrho}{A}$, b) wenn die plane Fläche hinten liegt ($\varrho = \infty$): $F_2 = \frac{r}{A} - \frac{T}{n}$, $F_1 = \frac{Nr}{A} - \frac{NT}{n\cos^2\alpha}$.

parallel, also $\alpha = \beta$, und LA wird parallel BM. Es wird dann auch $B = A$, $N = M$, und T nimmt den Werth an:

$$(34)\qquad T = (r+\varrho)\cos\alpha - \sqrt{D^2 - (r+\varrho)^2\sin^2\alpha}\ ^{1)}$$

und die Gleichungen für die Hauptbrennweiten (30 und 31) gehen über in

$$(35)\quad F_2 = \frac{\varrho}{A}\cdot\frac{nr - AT}{n(r+\varrho) - AT};\quad F_1 = \frac{N\varrho}{A}\,\frac{nr\cos^2\alpha - AT}{n(r+\varrho)\cos^2\alpha - AT}\ ^{2)}.\quad(36)$$

Für die weiteren Betrachtungen, besonders über die Periscopie, ist es nützlich, zum Schluss noch auf folgende Beziehungen hinzuweisen. Nennt man γ den Winkel zwischen den Radien HA, resp. GB, und der Axe, so ergibt sich leicht:

$$(37)\quad D\sin\gamma = T.\sin\alpha = \sin\alpha\left[(r+\varrho)\cos\alpha - \sqrt{D^2 - (r+\varrho)^2\sin^2\alpha}\right]$$

$$(38)\qquad D\cos\gamma = (r+\varrho)\sin^2\alpha + \cos\alpha\sqrt{D^2 - (r+\varrho)^2\sin^2\alpha}$$

Ist ferner ε $(=\varphi + \gamma)$ der Winkel zwischen einfallendem (oder gebrochenem) Strahlenbündel und Axe, so ergiebt sich

$$(39)\qquad D\sin\varepsilon = [n(r+\varrho) - AT]\sin\alpha \quad \text{oder}$$

$$(40)\quad D\sin\varepsilon = \sin\alpha\Big[n(r+\varrho)\sin^2\alpha + (r+\varrho)\cos\alpha\sqrt{1 - n^2\sin^2\alpha}$$
$$+ n\cos\alpha\sqrt{D^2 - (r+\varrho)^2\sin^2\alpha} - \sqrt{(1 - n^2\sin^2\alpha)(D^2 - (r+\varrho)^2\sin^2\alpha)}\Big]$$

und

$$(41)\ D\cos\varepsilon = \sqrt{1 - n^2\sin^2\alpha}\left[(r+\varrho)\sin^2\alpha + \cos\alpha\sqrt{D^2 - (r+\varrho)^2\sin^2\alpha}\right]$$
$$- n\sin^2\alpha\left[(r+\varrho)\cos\alpha - \sqrt{D^2 - (r+\varrho)^2\sin^2\alpha}\right].$$

Endlich ist der gegenseitige Abstand der beiden Puncte D und D', wo die parallelen ein- und austretenden Strahlen verlängert die Axe schneiden, und welche ich „Directionspuncte" nenne, folgender:

$$(42)\qquad \Delta = AT\cdot\frac{\sin\alpha}{\sin\varepsilon} = D\cdot\frac{AT}{n(r+\varrho) - AT}.$$

Mit abnehmendem Incidenzwinkel gehen die Directionspuncte schliesslich in die Knotenpuncte der Linse über, d. h. der Grenzwerth von Δ ist die Distanz der Knotenpunkte, nämlich

$$\Delta^* = \frac{(n-1)dD}{n(r+\varrho) - (n-1)d}.$$

Auch die Strecke Δ wird durch den optischen Mittelpunct in zwei den Radien proportionale Theile zerlegt.

---

1) Der optische Mittelpunct theilt die Transversale in 2 den Krümmungsradien proportionale Theile.

2) Wird in diesen Gleichungen die Dicke vernachlässigt, so gehen sie natürlich über in (18) und (19), wobei zu beachten ist, dass $N = \cos^2\varphi$ wird.

Der geometrische Ort der Hauptbrennpuncte für die dicke Linse AB ($r = 50$, $\varrho = 25$, $d = 15$ mm, $n = 1,5$) wird durch die Curven FF_2F_2 und FF_1F_1 in der Figur 5 dargestellt, deren den früheren sehr ähnliche Gestalt aus der Gleichung für die Werthe $\alpha = 0$ bis $\alpha = 40^0$ berechnet ist. Die ausgezogenen Linien stellen die gebrochenen Strahlen dar, welche sämmtlich durch den optischen Mittelpunct C gehen.

Der zweite Theil dieser Arbeit wird die Fragen der Periscopie mit besonderer Rücksicht auf das Auge behandeln.

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Ein Beitrag zur Theorie der Muskelcontraction.

Von

L. Hermann.

Der Zweck dieser Zeilen ist, einen sehr verbreiteten Irrthum hinsichtlich der theoretischen Bedeutung des Schwann'schen Versuches über die Abnahme der Muskelkraft bei der Contraction zu beseitigen, einen Irrthum, in welchem ich selber, wie ich bekenne, bis vor Kurzem befangen war. Schwann untersuchte bekanntlich, welche Kraft nothwendig ist, wenn man in irgend einem Stadium der Contraction die weitere Verkürzung hindern will, und fand, dass diese Kraft mit zunehmender Verkürzung abnimmt, um auf der Höhe derselben Null zu werden[1]). Ich habe vor 7 Jahren diesen Versuch nach einer vollkommneren Methode mit gleichem Resultate wiederholt[2]). Schwann und Müller schlossen aus diesem Versuche, dass die Contractionskraft, da sie mit zunehmender Annäherung der Muskelelemente abnimmt, der Elasticität verwandt sei. Dadurch werde „zunächst jede Erklärung der Muskelkraft

1) J. Müller's Handb. d. Physiologie II. p. 59 ff. Coblenz 1837.

2) Dies Archiv IV. p. 195 ff. 1871.

durch eine der uns bekannten anziehenden Kräfte widerlegt, welche so wirken, dass die anziehende Kraft wächst, je mehr sich die anziehenden Theilchen nähern, und zwar umgekehrt nach dem Quadrate der Entfernung". Die letztere Bemerkung gilt namentlich der bekannten electrodynamischen Theorie von Prevost und Dumas. Ich gehe wohl kaum irre, wenn ich annehme, dass die Mehrzahl der Fachgenossen gleicher Ansicht ist; wenigstens habe ich nirgends eine abweichende entwickelt gefunden[1]).

Und doch ist der Schluss Schwann's irrthümlich; sein Versuch beweist absolut nichts weiter als dass der contrahirte Muskel wie der ruhende elastisch ist, und sagt über die Natur der contractilen Kräfte nicht das Mindeste aus.

Um dies zu zeigen, will ich geradezu ein der Prevost-Dumas'schen Theorie entsprechendes Schema wählen, so entfernt ich natürlich bin, dieser Theorie, die aus bekannten Gründen ganz unmöglich ist, auch nur einen Schein von Berechtigung zuzugestehen.

Man denke sich ein System paralleler, durch ein unelastisches biegsames Zwischengewebe verbundener Drahtringe, welche zusammen einen electrodynamischen Cylinder bilden; gleichsinnige Durchströmung aller Ringe, die wir kurz „Reizung" nennen wollen, verkürzt den Cylinder um die Länge v, welche gleich der Summe aller Ringdistanzen ist. Der electrodynamische Cylinder habe ferner eine elastische Verlängerung, etwa in Gestalt eines Kautschukrohrs. Man stelle nun mit dem ganzen System gerade wie mit einem Muskel den Schwann'schen Versuch an. Also das obere Ende wird befestigt, das untere gestützt und nun Ueberlastungen so lange angehängt, bis sie durch die „Reizung" nicht mehr um ein Minimum gehoben werden; die so gefundene Ueberlastung ist offenbar identisch mit demjenigen Gewicht, welches den elastischen Theil des Systems um die Länge v dehnt. In einem zweiten

---

1) Wahrscheinlich ist eine abweichende Ansicht angedeutet in folgenden Worten du Bois-Reymond's (Untersuchungen über thier. Electricität II. 1. p. 11): „Auf welche Weise die Folgerungen, welche Schwann aus seinen trefflichen Versuchen gezogen hat, zu umgehen, und sein Gesetz nichtsdestoweniger mit der Annahme anziehender Kräfte, welche sich im umgekehrten Verhältnisse einer Potenz der Entfernung ändern, in Einklang zu bringen sein würde, wird an einer späteren Stelle dieses Werkes gezeigt werden". (Verweisung auf Kapitel IX., welches jedoch nicht erschienen ist.)

Versuch wird nun das obere Ende um die Länge s gesenkt (so dass das System sich erst durch die Reizung anspannt), und wieder die eben hebbare Ueberlastung gesucht; diese ist offenbar identisch mit demjenigen Gewicht, welches den elastischen Theil um die Länge $v - s$ dehnt, also kleiner als im vorigen Falle. Und so findet man, je weiter man das obere Ende senkt, um so kleinere Verkürzungskräfte, und endlich die Kraft 0, wenn die Senkung $= v$ geworden ist. Auch dies System also, dessen Verkürzung durch electrische Anziehung erfolgt, giebt das Schwann'sche Resultat, und zwar einfach weil es elastisch ist. Es ist natürlich gleichgültig, ob der elastische Theil des Systems unten oder oben angebracht, oder durch den electrodynamischen Theil vertheilt ist; man kann z. B. die Drahtringe sich abwechselnd durch kurze unelastische und längere elastische Zwischenstücke verbunden denken, wenn nur letztere lang genug sind, um electrodynamische Anziehung der durch sie verbundenen Drahtringe für die angewandte Stromstärke zu verhindern.

Der Schwann'sche Versuch lässt also allen Annahmen über die Natur der verkürzenden Kraft völlig freie Hand. In dieser Richtung mich zu äussern, beabsichtige ich um so weniger, als ich demnächst an anderer Stelle dazu Veranlassung haben werde.

Die wahre Bedeutung des Schwann'schen Versuchs liegt demnach lediglich in derjenigen Seite desselben, auf welche ich in meiner citirten Arbeit aufmerksam gemacht habe, nämlich darin, dass er ein Mittel bietet, die Dehnungscurve des thätigen Muskels festzustellen.

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Notizen über einige Gifte der Curaregruppe.

Von

L. Hermann.

1. Ueber das Uchomaté, ein Pfeilgift aus Peru.

(Nach Versuchen von stud. med. Rudolf Kappeler.)

Durch die Güte des Herrn Dr. C. Zehnder in Zürich erhielt das Laboratorium eine kleine Quantität eines peruvianischen Pfeilgiftes, welches als Uchomaté bezeichnet war, und über dessen Ursprung nichts Näheres mitgetheilt werden konnte. Das Gift stellte eine hellbraune, feinbröckelige Masse dar, welche in Wasser sich grösstentheils löste. Kleine Dosen, Frösche unter die Rückenhaut gebracht, bewirkten Lähmung in wenigen Minuten. War ein Schenkel durch Arterienligatur von der Vergiftung ausgeschlossen, so blieb derselbe ungelähmt, und zeigte Reflexbewegungen auf Reizung des vergifteten Beines. Die Muskeln des vergifteten Beines waren nur directen Reizen zugänglich; das Herz schlug weiter.

Die so nachgewiesene Analogie der Wirkung mit der des Curare bestätigte sich auch in Versuchen an Warmblütern. Vom Magen aus waren beträchtliche Dosen (über 0,01 gr) ganz wirkungslos. Bei Injection in die Venen von Kaninchen und Katzen (0,002 — 0,008) erfolgte in 6 — 7 Minuten Lähmung, bei weiter schlagendem Herzen. Wurde künstliche Respiration unterhalten, so konnte beobachtet werden, dass nach 10 Minuten der Vagus seine hemmende Wirkung auf das Herz eingebüsst hatte.

2. Ueber eine curareartig wirkende Substanz in Bieren.

Herr Professor Victor Meyer, mit amtlicher Untersuchung eines (übrigens mit Unrecht) verdächtigten Bieres aus Sch. beschäftigt, ersuchte mich, nachdem auf alle Alkaloide mit negativem Resultate geprüft war, dasjenige Extract, welches das Curarin, falls

es im Biere enthalten gewesen wäre, hätte enthalten müssen, der Sicherheit halber auch physiologisch auf diesen Stoff zu prüfen, nachdem dessen Abwesenheit schon chemisch erwiesen war. Ganz wider unser Erwarten zeigte nun dieses Extract bei nicht zu kleiner Dosis eine völlig reine, ziemlich kräftige, curareartige Wirkung auf Frösche; die Versuche wurden in gewöhnlicher Weise, mittels Unterbindung einer Cruralis etc., angestellt. Da nun von einer absichtlichen Verfälschung mit einer curareartig wirkenden Substanz nicht wohl die Rede sein konnte, das Bier auch im Uebrigen frei von jeder verbrecherischen Beimengung war, so vermutheten wir, dass es sich um einen der gewöhnlich im Biere vorkommenden Extractivstoffe handelte. Herr Professor Victor Meyer liess hierauf aus importirtem Münchener Bier, welches einer der besten hiesigen Bezugsquellen entnommen wurde, ein in gleicher Weise wie das vorige bereitetes alkoholisches Extract anfertigen, und auch dieses zeigte in grösseren Dosen genau die Wirkungen des Curare auf Frösche. Dagegen hatte ein Extract aus einem Züricher Biere, welches Herr stud. Kappeler geprüft hat, keine solche Wirkung.

Die grosse Verbreitung curarinartig wirkender Substanzen im Pflanzenreich ist nichts Neues mehr, seitdem dieselben in verschiedenen Pilzen, in manchen Borragineen (Anchusa, Echium, Cynoglossum etc.) gefunden sind[1]). Es fragt sich nur, aus welchem der bei der Bierbereitung verwandten pflanzlichen Stoffe die in Rede stehende, wie es scheint nicht selten im Biere vorkommende Substanz herstammt, ob dieser Stoff zu den normalen Bieringredientien gehört, und ob nicht vielleicht erst bei der Gährung oder dgl. die wirksame Substanz aus einer anderen sich bildet; weiss man doch längst, dass durch Methylirung gewisser Alkaloide curareartig wirkende Producte entstehen. Die weitere Verfolgung dieses Gegenstandes muss Hygieinikern und technischen Chemikern überlassen bleiben; seine practische Bedeutung ist wohl sehr gering, da die Quantität des fraglichen Stoffes sehr klein ist, und bei der Unwirksamkeit des Curare vom Magen aus von einer Gefahr kaum die Rede sein kann.

1) Vgl. mein Lehrb. d. exper. Toxicologie. Berlin 1874. p. 310.

3. Ueber eine Erscheinung an curarisirten Fröschen.

Wohl Jeder, welcher häufig Frösche zu curarisiren Gelegenheit hat, wird, wenn die Temperatur nicht zu niedrig war, bemerkt haben, dass wenn man den Frosch nach eingetretener Lähmung tödtet, das Blut eine sehr livide Farbe zeigt, ganz wie bei durch Curare erstickten Warmblütern. An der Luft röthet sich das Blut schnell. Meines Wissens hat noch Niemand auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht, und doch ist sie nicht ganz ohne Bedeutung. Sie lehrt nämlich, dass der Kaltblüter nach Unterbrechung seiner Athmung den in seinem Blute vorräthigen Sauerstoff nahezu ebenso schnell verbraucht wie der Warmblüter, dass also die relative Unabhängigkeit des Kaltblüters von der Respiration nicht etwa darauf beruht, dass er an seinem Sauerstoff länger zehrt, sondern darauf, dass seine Spaltungsprocesse, auf denen, wie ich 1867 zuerst für die Muskeln, Liebig und Pflüger später allgemeiner gezeigt haben, das Leben beruht, langsamer verlaufen, während der zum Aufbau der spaltbaren Substanzen erforderliche Sauerstoff stets aus dem Blute sofort verzehrt wird. Das Blut ist also für Sauerstoff überhaupt kein Vorrathsmagazin, sondern nur ein Transportmittel.

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Ueber Secretionsströme an der Zunge des Frosches, nebst Bemerkungen über einige andre Secretionsströme.

Von

L. Hermann und **B. Luchsinger.**

Die Zunge des Frosches schien uns wegen ihres Drüsenreichthums, und wegen der Leichtigkeit, mit der ihre Nerven präparirt und isolirt gereizt werden können[1]), ein sehr geeignetes Object um

1) Vgl. Lépine, über Entstehung und Verbreitung des thierischen Zuckerfermentes. Vorgelegt von Ludwig. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1870. p. 322.

weitere Studien über secretorische Ströme anzustellen (vgl. dies Archiv, Band XVII, p. 291, 310). Diese Erwartung wurde in der That erfüllt.

Von den Nerven der Zunge richteten wir aus naheliegenden Gründen vor allem unsere Aufmerksamkeit auf den R. glossopharyngeus n. vagi, der beim Frosche die Rollen des Lingualis und Glossopharyngeus der Säugethiere in sich vereinigt. Ueber die Präparation dieses Nerven brauchen wir keine Bemerkungen zu machen. Später wurde auch der Hypoglossus in das Bereich der Untersuchung gezogen. Den Thieren, mit Ausnahme einer Temporaria stets Esculenten von ziemlicher Grösse, wurde vor dem Versuche Hirn- und Rückenmark zerstört, in manchen Fällen auch vorher Curare gegeben (bei den Hypoglossusversuchen natürlich jedesmal); die Versuche belehrten uns, dass wenigstens in den mässigen von uns angewandten Dosen das Curare ohne Einfluss auf das Resultat ist.

Das Thier wurde mit dem Rücken auf eine Porzellanplatte gelegt, die Zunge mit Schonung vorgezogen und auf eine Glasplatte gebreitet, welche zwei aufeinandergekittete parallele Korkleistchen zur Fixirung der beiden Zungenspitzen mittels Stecknadeln, oder durch blosse Adhäsion, besass. In den meisten Fällen wurde übrigens die ganze hintere Hälfte des Rumpfes sammt den Hinterbeinen entfernt. Die ableitenden Electroden, gewöhnliche Thonspitzen, wurden den beiden Seitenrändern der Zunge, meist in der Mitte ihrer Länge, symmetrisch angelegt. Als Reizelectroden für die feinen Nerven benutzten wir feine Stecknadeln, welche an die Spitzen der (horizontalen) Zinkdrähte des in diesem Archiv Bd. VII p. 332 beschriebenen und abgebildeten Electrodenstativs so angelöthet waren, dass sie vertical herabragten; die unteren Enden dieser Nadeln waren hakenförmig ein wenig aufgebogen, um den Nerven zu tragen. Die beiden Electrodennadeln hatten einen gegenseitigen Abstand von 2—3 mm. Jeder der beiden Nerven (der rechte und der linke) war auf ein solches Electroden-Nadelpaar aufgelegt, und beide Electrodenpaare mittels einer Wippe ohne Kreuz mit dem Schlüssel zum Tetanisiren verbunden. Sowohl um die Vertrocknung zu verhüten, als um der Gefahr unipolarer Wirkungen besser zu entgehen, verdickten wir die zarten, übrigens recht ausdauernden Nerven mit einem angelegten Stück eines anderen dünnen Froschnerven (Ischiadicusäste). Dass wir

durch die gewöhnlichen Vorsichtsmassregeln und Controllen uns vor Täuschungen durch Stromesschleifen, unipolare Wirkungen u. dgl. sorgfältig schützten, bedarf wohl kaum der Erwähnung; übrigens sind diese Gefahren hier gering, wir hielten uns meist im Gebiete der schwachen Reizströme, und ein grosser Theil der beobachteten Vorgänge, deren Intensität sehr beträchtlich ist, spielt sich überhaupt erst nach Aufhören der Reizströme ab, oder ist wenigstens von der Fortdauer derselben unabhängig.

Zunächst einige Bemerkungen über den Ruhestrom der Zungenschleimhaut. Da ein Abpräpariren derselben nicht wohl möglich ist, so beschränkten wir uns darauf, von der Oberfläche der unversehrten Zunge einerseits, und von irgend einem enthäuteten und sonst unversehrten Körpertheil des Frosches (z. B. Rückenmusculatur) andererseits abzuleiten. Erstere verhält sich dabei regelmäsig kräftig negativ gegen letztere; die Ablenkung beträgt mehrere Hundert (bis 700) Scalentheile, die Kraft beträgt etwa 0,01—0,02 Dan. Die Zungenschleimhaut ist also, wie die äussere Haut und wie nach Rosenthal die Magen- und Darmschleimhaut, Sitz einer von aussen nach innen gerichteten („einsteigenden") electromotorischen Kraft. Leitet man von der Zunge und der äusseren Haut am unversehrten Thiere ab, so erhält sich erstere mässig positiv, d. h. die Kraft des Hautstroms ist grösser als die der Zungenschleimhaut. Leitet man ferner von einer unversehrten und einer mit Kreosot geätzten Stelle der Zunge ab, so verhält sich erstere schwach negativ oder neutral, ein Zeichen, dass die Aetzung die Musculatur mit ergreift, denn sonst müsste der volle Strom der Schleimhaut auftreten; der volle Muskelstrom aber kommt in diesem Falle nicht zur Wirkung, denn die Schleimhaut verhält sich ziemlich stark positiv gegen einen künstlichen Querschnitt der Zunge, d. h. die Kraft des Muskelstroms ist grösser als die des Schleimhautstroms.

Bei den Reizversuchen fällt der Ruhestrom der Schleimhaut selbstverständlich ausser Betracht, da von zwei symmetrischen Schleimhautpuncten abgeleitet ist. Natürlich ist trotzdem, wegen der Ungleichheit der Kraft an verschiedenen Schleimhautstellen stets ein schwacher Differenzstrom vorhanden, den wir in den Versuchsbeispielen der Vollständigkeit halber angegeben haben („Ruhestrom"), obgleich er keine Rolle spielt.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dass wenn bei Reizung des rechten Nerven eine Ablenkung nach links auftritt, dies einen von

aussen nach innen gerichteten Strom der gereizten Schleimhautseite anzeigt u. s. w. Um schleppende Benennungen zu vermeiden, wollen wir statt „von aussen nach innen gerichtet“ immer sagen „einsteigend“, und im entgegengesetzten Fall „aussteigend“. Ferner haben wir in den Beispielen besserer Uebersicht halber, statt die Richtung des Stroms nach rechts oder links, wie in unserer früheren Arbeit, durch Pfeile zu bezeichnen, gleich die einsteigende oder aussteigende Richtung mit Bezug auf die gereizte Schleimhaut angegeben, und zwar haben wir die einsteigende als die positive Richtung bezeichnet, weil sie mit der des Ruhestroms der Schleimhaut übereinstimmt[1]), die aussteigende als die negative.

Das völlig regelmässige Resultat der Reizversuche lässt sich nun folgendermassen ausdrücken:

Die Reizung eines Glossopharyngeus bewirkt in der erregten Schleimhaut nach einem deutlichen Latenzstadium einen zuerst einsteigenden Strom, der aber sofort einem aussteigenden Platz macht; dann aber stellt sich, gleichgültig ob die Reizung schon beendet ist oder fortgesetzt wird, wieder ein mächtiger einsteigender Strom ein, der die Reizung, falls sie nicht fortgesetzt wird, lange überdauert, langsam ein Maximum erreicht, und dann äusserst langsam wieder schwindet.

Um diese Erscheinungen zu veranschaulichen, führen wir zunächst einige Beispiele aus einer grösseren Zahl von Versuchen an.

1. Beispiel (28. Mai). Grosse Esculenta, kein Curare, Glossopharyngei. (Ruhestrom → 196 sc.)

Rollenabstand.	Gereizter Nerv	Ablenkung durch die Reizung			Kraft der 3. Phase in Daniells
		1. Phase sc.	2. Phase sc.	3. Phase sc.	
140	links	+ 2	— 148	+ 289	0,0037
„	rechts	+ 15	— 73	+ 334	0,0044
100	links	+ 8	— 152	+ 199	0,0024
„	rechts	+ 15	— 67	+ 172	0,0019
50	links	+ 15	— 109	+ 268	0,0035
„	rechts	+ 52	nicht beobachtet		—
0_1	links	+ 3	— 82	—	—
„	rechts	+ 42	—	+ 30	0,0008
0_2	links	+ 1	— 57	—	—
„	rechts	+ 35	—	+	—

1) Dass diese Bezeichnung nichts zu thun hat mit der Annahme einer positiven oder negativen Schwankung des Ruhestromes im Sinne der Präexistenzlehre, hat der Eine von uns schon früher hervorgehoben, dies Archiv Bd. XVII. p. 301.

Rollen-abstand	Gereizter Nerv	Ablenkung durch die Reizung 1. Phase sc.	2. Phase sc.	3. Phase sc.	Kraft der 3. Phase in Daniells
Ableitungsstellen etwas näher der Zungenwurzel, Reizstelle an den Nerven etwas nach der Peripherie verschoben (Ruhestrom → 14 sc.).					
100	links	+ 87	— 185	+ 311	0,0043
„	rechts	nicht beobachtet		+ 398	0,0043
„	links	+ 94	— 65	+ 313	0,0038
„	rechts	+ 63	— 37	+ 460	0,0045
Beide Nerven unterhalb der Reizstelle zerquetscht.					
100	links	0	0	0	0
„	rechts	0	0	0	0

2. Beispiel (31. Mai). Esculenta, der gleiche Versuch, kein Curare.

a) Ableitung vom mittleren Theil (Ruhestrom ← 113 sc.).					
140	links	+ *	— 21	+ 102	0,0017
„	rechts	+ 1	— 73	+ 167	0,0032
100	links	+ ½	— 77	+ 75	0,0018
„	rechts	+ ½	— 63	+ 88	0,0028
b) Ableitung vom gespaltenen Theil.					
100	links	+ *	— 44	+ stark	—
„	rechts	+ *	— 133	+ stark	—
c) Ableitung in der Nähe der Wurzel (8 mm vom Kiefer).					
100	links	+ *	— 171	+ 415	nicht gemessen
„	rechts	+ 1	— 169	+ 492	—
„	links	+ *	— 132	+ 190	—

3. Beispiel (5. Juni). Esculenta. Der gleiche Versuch.

a) Ableitung vom mittleren Theil (Ruhestrom ← 16).					
140	links	+ 6	— 24	+ 52	nicht gemessen
200	rechts	+ 7	— 29	+ 29	—
300	links	+ 1½	—	—	—
„	rechts	+ 2	—	—	—
140	links	+ 3	— 34	+ 34	—
„	rechts	+ 6	— 26	+ 41	—
100	links	+ 6	— 23	+ 32	—
„	rechts	+ 4	— 15	+ nicht	—
50	links	+ 6	— 24	+ abge-	—
„	rechts	+ 3	— 14	+ lesen	—
b) Ableitung vom gespaltenen Theil (Ruhe → 80).					
100	links	+ 12	— 60	+ 69	100 sc. = 0,0015 D.
„	rechts	+ 17	— 33	+ 61	„
c) Ableitung nahe der Wurzel (Ruhe ← 259).					
100	links	+ 40	— 31	+ 112	100 sc. = 0,0017 D.
„	rechts	+ 40	— 31	+ 76	„
„	links	+ 26	— 28	+ 83	„
„	rechts	+ 33	— 14	+ 64	„
Nach Aufgiessen einer Atropinlösung auf die Zunge.					
100	links	0	0	0	—
„	rechts	0	0	0	—
50	links	— 3?	—	—	—
„	rechts	— 1?	—	—	—

Rollen-abstand	Gereizter Nerv	Ablenkung durch die Reizung			Kraft der 3. Phase in Daniells
		1. Phase sc.	2. Phase sc.	3. Phase sc.	
4. Beispiel (9. October). Esculenta.					
140 moment.	rechts	+ 53	— 0	+ 61	100 sc. = 0,0017 D.
„ „	links	+ 12	— 13	+ 37	„
„ contin.	rechts	+ 77	— 12	+ 131	„
„ „	links	+ 30	— 51	+ 160	„
100 moment.	rechts	+ 59	+ 2	+ 22	„
„ „	links	+ 76	— 19	+ 91	„
„ contin.	rechts	+ 87	+ 26	+ 131	„
„ „	links	+ 103	— 12	+ 254	„
„ „	links	+ 15	— 11	+ 22	„
5. Beispiel (30. Juli). Esculenta, curarisirt.					
140	links	+ 10	— 88	+ 175	100 sc. = 0,0044 D.
„	rechts	+ 85	— 190	+ 310	„
100	links	+ 23	— 80	+ 270	„
„	rechts	+ 40	— 238	+ 455	„
Nach Aufgiessen von Atropin.					
100	links	+ 1	— 41	+ 36	—
„	rechts	+ 1	— 60	+ 139	—
Mehr Atropin.					
100	links	+ 1	— 12	+ 86	—
„	rechts	+ *	— 40	+ 46	—
50	links	+ 1	— 3	+ 44	—
„	rechts	+ *	— 22	+ 14	—
6. Beispiel (31. Juli). Esculenta, vor dem Versuch atropinisirt und curarisirt.					
140	links	0	0	0	100 sc. = 0,0022 D.
„	rechts	0	0	0	„
100	links	0	— 18	0	„
„	rechts	0	— ?	0	„
„	links	0	— 20	—	„
„	rechts	0	— ?	—	„
50	links	+ 3	— 3?	— ?	„
„	rechts	+ 1	— 9	+ 62	„
7. Beispiel (5. August). Esculenta, vor dem Versuch atropinisirt und curarisirt.					
140	links	+1	?	+ 4	100 sc. = 0,0016 D.
„	rechts	?	— 3	—	„
100	links	+ 1	— 6	0	„
„	rechts	?	?	—	„
50	links	+ 1/2	— 4	—	„
„	rechts	?	— 4	—	„
8. Beispiel (16. August). Esculenta, curarisirt; an dem Thiere ist unmittelbar vorher ein Hypoglossusversuch gemacht worden (hier folgen nur die Resultate der Glossopharyngeusreizung).					
100	links	+ 160	+ 54	+ 320	100 sc. = 0,0019 D.
„	rechts	+ 59	+ 22	+ 210	„
50	links	+ 46	+ 5	+ 196	„
„	rechts	+ 70	+ 40	+ 200	„

Die Beispiele sind so ausgewählt, dass sie für die nun folgenden specielleren Bemerkungen Belege darbieten.

Wegen des relativ geringen Widerstandes der feuchten Zunge entsprechen den ziemlich bedeutenden Ablenkungen doch nur geringe electromotorische Kräfte; in einigen Versuchen (Beispiel 1 und 2) haben wir dieselben, und zwar aus naheliegenden Gründen nur für die andauernde dritte Phase, direct gemessen, indem wir nach jedem Versuch compensirten und immer die Differenzen nahmen. In den meisten Fällen begnügten wir uns damit, nur Eine Verhältnisszahl zwischen Ablenkung und electromotorischer Kraft festzustellen, aus welcher der Leser die electromotorischen Kräfte sich ausrechnen kann. Die grösste überhaupt beobachtete Kraft der dritten Phase findet sich beim rechten Glossopharyngeus im Beispiel 5; bei mässiger Reizung (100 mm Rollenabstand) betrug hier die Kraft 0,0200 = $^1/_{50}$ Daniell.

Das Grössenverhältniss der drei successiven Ablenkungen ist wie man sieht, sehr wechselnd. Die erste, welcher stets ein deutliches Latenzstadium vorangeht, schwankt von 0 bis gegen 100 sc., ja einmal (Beispiel 8) 160 sc. In den Fällen, in denen es die Grösse Null hat, ist es trotzdem sehr deutlich markirt; man sieht nämlich die folgende, aussteigende Ablenkung ganz entschieden verzögert und gleichsam im Kampf begriffen mit einer einsteigenden. Mit vollem Recht durften wir daher solche Fälle so bezeichnen, dass wir die Phase durch ein Pluszeichen andeuteten, aber statt der Zahl ein * beifügten, als Zeichen, dass die Ablenkung nur durch Verzögerung der entgegengesetzten sich zu erkennen gab (Beispiel 2 und 5). Aehnliche Grössenschwankungen zeigt auch die zweite Phase. Während sie in manchen Fällen eine absolute Grösse von fast 250 sc. erreicht, markirt sie sich in Beispiel 4 und 8 nur durch einen Rückgang der einsteigenden Ablenkung gegen die Null, ohne dass aber letztere erreicht oder gar überschritten wurde, so dass ihr absoluter Betrag gleichsinnig bleibt mit der ersten Phase. (Natürlich bezeichnen alle Zahlen die Ablenkung von der Ruhestellung vor der Reizung aus gerechnet.)

Die dritte Phase entwickelt sich stets im Vergleich mit den beiden ersten relativ langsam; ihre Grösse und ihr zeitlicher Verlauf sind fast ganz unabhängig davon, ob man die Reizung schon während der zweiten Phase beendet, oder sie noch während der

dritten mehr oder weniger lange fortsetzt. Es gewährt einen sehr seltsamen Anblick, wenn man, wie wir es zur Schonung des Nerven meistens thaten, schon in der zweiten Phase die Reizung beendigt, nun noch eine neue mächtige Bewegung von zuweilen 400—500 sc. über den Nullpunct hinaus langsam sich einstellen zu sehen.

Wiederholt man die Reizung des gleichen Nerven noch ehe die dritte Phase wieder verschwunden ist (Beispiel 4, am Schluss), so stellen sich wiederum alle drei Phasen, aber schwächer ein, und die grösste relative Schwächung zeigt die dritte. Auch wenn man die Herstellung des ursprünglichen Zustandes völlig abwartet, ist die neue Reizung von geringerem Erfolge, jetzt aber trifft die Abnahme alle drei Phasen ziemlich gleichmässig.

Reizt man überhaupt nur einen kurzen Moment, so dass die Reizung schon vor Ende des Latenzstadiums beendet ist, so sieht man trotzdem nach Schluss der Reizung alle drei Phasen sich abspielen, aber schwächer als bei anhaltender Reizung, und namentlich ist die dritte Phase relativ schwach entwickelt (Beispiel 4).

Wer diese Versuche anstellt, wird sofort den Eindruck empfangen, dass die dritte Phase nichts anderes ist, als die Fortsetzung der ersten, und dass nur eine vorübergehende Uebercompensation durch einen zweiten, entgegengesetzt gerichteten Strom sich als zweite Phase einschiebt. Besonders deutlich wird dies durch die langsame Entwicklung der dritten Phase im Vergleich mit den beiden andern; diese Entwicklung ist eben identisch mit dem Schwinden einer Gegenwirkung, und alle Wirkungen dieser Art schwinden viel langsamer als sie entstehen.

Das Gesetz unsrer Erscheinung lässt sich also auch folgendermassen ausdrücken:

Tetanisiren des Glossopharyngeus bewirkt an der Froschzunge einen starken, die Reizung sehr lange überdauernden, und sehr langsam schwindenden, einsteigenden Strom. Bald nach seinem Beginn tritt jedoch noch ein zweiter, bald vorübergehender, aussteigender, schneller entstehender als schwindender Strom auf, welcher den ersteren fast stets vorübergehend übercompensirt, aber zuweilen nur eine vorübergehende Schwächung desselben bewirkt.

Man kann begreiflicherweise nicht wissen, auf welche Zeit das wahre Maximum des ersten Stromes fällt, sein scheinbares Maximum, welches sehr spät eintritt, sagt hierüber durchaus Nichts aus.

Wiederum haben wir also hier ein ähnliches Factum, wie es der Eine von uns an der äusseren Haut des Frosches fand: zwei einander entgegengesetzte Ströme von verschiedenem zeitlichen Verlauf. Wiederum ist der dominirende Strom wie dort einsteigend gerichtet, aber der Gegenstrom, der dort an manchen Stellen ganz fehlte, und wo vorhanden dem Hauptstrom stets voranging, beginnt hier etwas später als dieser, weicht ihm aber freilich bald auch hier.

Es entsteht nun vor Allem die Frage, ob wir es auch hier mit Secretionsströmen zu thun haben. Eine reichliche Secretion einer sehr stark alkalischen schleimigen Flüssigkeit tritt allerdings bei der Reizung auf, wie schon Lépine beobachtet hat. Ob aber die Secretion mit dem Strome direct zusammenhängt, lässt sich hier, wie an der Haut, nicht ohne Weiteres feststellen. Wir versuchten die Wirkung des Atropins, und es zeigte sich sofort, dass dasselbe fast stets den eben noch kräftigen Strom beträchtlich schwächt oder ganz zum Verschwinden bringt (Beispiel 3 und 5); wird das Thier vor dem Versuch atropinisirt, so ist der Strom von vorn herein schwach oder fehlend (Beispiel 6 und 7), ein Beweis, dass jene Schwächung nicht von Zeitverlust oder Ermüdung herrührte. Curare ist in mässigen Dosen ohne Einfluss. Diese Thatsachen sprechen sehr dafür, dass es sich um secretorische Ströme handelt.

Die Wirkung des Atropins auf die beiden entgegengesetzten Ströme ist, wie man aus den Beispielen ersieht, insofern etwas verschieden, als der zweite Strom etwas weniger geschädigt wird, als der Hauptstrom. Indess wäre der Schluss, dass ersterer einem andern Organ angehört als der letztere, doch selbst dann nicht gerechtfertigt, wenn der genannte Unterschied prägnanter wäre. Es bleibt somit auch hier, wie bei der Haut, die Frage offen, ob beide Ströme vielleicht verschiedenen Drüsengattungen oder überhaupt nur der eine den Drüsen angehört, oder ob beide durch verschiedene Nervenfasern der gleichen Drüse hervorgebracht werden (wobei man an secretorische und Hemmungsnerven, oder an secretorische und Gefässnerven, oder auch an secretorische und trophische Fasern, im Sinne der neuesten Untersuchungen Heidenhain's, denken kann). Ueberhaupt ist die Zeit für eine theoretische Deutung der Secretionsströme noch nicht gekommen.

In Bezug auf das Verhältniss dieser Ströme zu den von uns

beschriebenen an der Haut der Warmblüter erinnern wir daran, dass wir an diesen nichts von Doppelsinnigkeit beobachtet haben; der ganze Verlauf dieser letzteren Ströme ist rascher, das Latenzstadium sehr kurz (ausser bei Atropinisirung, vgl. a. a. O.), und ein Kampf zweier Ströme würde uns, obgleich die Ablenkungen wegen des grossen Widerstands ziemlich klein waren, kaum haben entgehen können.

Wir haben auch einige Versuche an der Zunge des Hundes und der Katze angestellt. Die Thiere waren curarisirt und unter künstlicher Respiration. Die Zunge wurde aus dem weit geöffneten Maul hervorgezogen, und mittels eines durch die Spitze gezogenen Fadens und eines Stativs befestigt. Die ableitenden Electroden wurden symmetrisch dem Zungenrücken in der Nähe des Randes angelegt. Reizung des Lingualis ergab keine deutlichen Resultate, dagegen sahen wir bei einem Hunde auf Reizung des Hypoglossus völlig regelmässig einen von aussen nach innen gerichteten Strom auftreten, der, nachdem er eine Ablenkung von 10—25 sc. hervorgebracht, stockte und dann in gleichem Sinne langsam noch bedeutend anwuchs und die Reizung lange überdauerte; auch hier also schien ein Gegenstrom durch das kurze Stehenbleiben angedeutet. Wir theilen dieses vorläufig vereinzelte Resultat nur aus einem sogleich anzugebenden äusseren Grunde schon jetzt mit.

Die genannte Wirksamkeit des Hypoglossus veranlasste uns, auch am Hypoglossus des Frosches Versuche anzustellen. Dieselben ergaben, dass der Hypoglossus genau die gleiche Wirkung hat, wie der Glossopharyngeus, jedoch meist viel schwächer als letzterer. Indess ist es uns bei einem Frosche begegnet, dass wir, aber nur auf der einen Seite, Glossopharyngeus und Hypoglossus in gleichem Grade wirksam fanden. Diejenigen Fasern also, welche die von uns beschriebenen Ströme hervorbringen, sind auf beide Nerven in ungleichem, aber individuell (sogar unsymmetrisch) wechselndem Maassstabe vertheilt. Wir führen ein Beispiel an, in welchem zuerst die Hypoglossi, dann die Glossopharyngei gereizt wurden (der zweite Theil dieses Versuchs figurirt schon oben als Beispiel 7).

9. Beispiel (16. August). Esculenta, curarisirt (Ruhestrom → 423 sc.).

Rollen-abstand	Gereizter Nerv	Ablenkung durch die Reizung			Kraft der 3. Phase Dan.
		1. Phase sc.	2. Phase sc.	3. Phase sc.	
	Hypoglossus				100 sc. = 0,0019 D.
140	links	—	—	—	"
"	rechts	—	—	—	"
100	links	+ 1	— 8	+ 6	"
"	rechts	+ 1	— 7	+ 4	"
50_1	links	+ 7	— 1	+ 36	"
"	rechts	+ 1	— 9	+ 6	"
"	links	+ 3	— 18	+ (nicht abgelesen)	"
"	rechts	+ 2	— 3	+ (nicht abgelesen)	"
50_2	links	+ 6	— 15	+ (nicht abgelesen)	"
"	rechts	+ 2	— 4	+ (nicht abgelesen)	"
	Glossophar.				
100	links	+ 160	— 54	+ 320	"
"	rechts	+ 59	— 22	+ 214	"
50	links	+ 46	— 5	+ 196	"
"	rechts	+ 70	— 40	+ 200	"

Unsere gemeinsamen Untersuchungen können zunächst nicht fortgesetzt werden, da der Eine von uns eine Professur in Bern übernimmt. Wir theilen deshalb anhangsweise noch einige fragmentarische Thatsachen mit, welche sich an unsere Arbeit über die Secretionsströme der Haut anschliessen; wäre das genannte Hinderniss nicht vorhanden, so hätten wir mit dieser Mittheilung gewartet bis uns ein reicheres Material vorlag.

Wir haben uns anfangs auf die Fussballen der Katze beschränkt, weil hier mit Sicherheit auf sichtbare Secretion gerechnet werden kann, und weil wir einen innigen Zusammenhang der Ströme mit den Drüsen vermutheten. Einige seitdem angestellte Versuche bestätigen nun in der That, dass die Entwicklung der Ströme mit der der Drüsen ungefähr gleichen Schritt hält. Während bei Katzen der Strom mit gleicher Regelmässigkeit entwickelt ist wie die Secretion, fehlte er vollständig an einem ganz jungen (4tägigen), nicht schwitzenden Hündchen und an einer Ratte; an einer andern (albinotischen) Ratte dagegen war er, wenn auch schwach, so doch vollkommen regelmässig vorhanden. Wir theilen letzteren Versuch noch mit.

(18. Juni)	Ablenkung durch 0,0094 Dan. (sc.)	Ablenkung durch den Versuch. (sc.)	Kraftwerth der letzteren in zehntausendstel Dan.
1. Weisse Ratte, aufgebunden, Fussballen befeuchtet u. abgeleitet. Ruhe	(25)	→ 4	→ 15
2. Linker Ischiadicus durchschnitten .	(35)	← 23	← 62
3. Rechter Ischiadicus durchschnitten	(42)	→ 2	→ 5
4. Curare; nach einiger Zeit	(36)	← 4	← 10
5. Reizung mit Rollenabstand 140 links		← 2	
(kein Latenzstadium) „ rechts		0	3
„ links		← 2	
„ 100 links	(32)	← ½	1
„ rechts		0	
„ 50 links	(20)	→ ½	
„ rechts		← 1½	5
„ links		→ ½	
„ 0 links		→ 2	
„ rechts		← 2	9
„ links		→ 2	
nach einer Pause „ „ links	(12)	→ 8	67
„ rechts		← 9	
„ „ „ „ „ links	(11)	→ 3	25
„ „ rechts		← 3	

Endlich sei erwähnt, dass wir auch die Frage, ob an grösseren Drüsen Secretionsströme nachzuweisen sind, bereits in Angriff genommen haben, freilich von vornherein in dem Bewusstsein, dass die Verhältnisse hier für die Ableitung von Strömen so ungünstig wie möglich sind. In der That haben wir bisher nur negative Resultate zu verzeichnen. Die Versuche sind an der Submaxillardrüse grosser Hunde angestellt. In beide Wharton'sche Gänge wurden dünnwandige möglichst weite Glascanülen eingeführt und so weit als möglich eingeschoben. Am äusseren Ende erweiterten sich beide Glasröhren zu einem flachen Trichterchen. Durch kurze Chordareizung wurden beide Röhren bis in den Trichter hinein mit Speichel gefüllt, und nun vom Inhalt beider Trichter symmetrisch abgeleitet und beide Chordae abwechselnd gereizt. Jedoch zeigte sich kein deutlicher Secretionsstrom.

Die Versuche über das Gebiet der Secretionsströme werden fortgesetzt werden.

Zusatz von L. Hermann.

Ich benutze diese Gelegenheit, um über meine in den Sommermonaten gesammelten Erfahrungen über die Secretionsströme der Haut kurz zu berichten. Man erinnert sich, dass ich die Ursache

der Abweichungen meiner Angaben von denen früherer Beobachter zum Theil in der Jahreszeit suchen zu können glaubte (vgl. dies Archiv XVII. p. 304). Indessen habe ich in zahlreichen Versuchen an frisch gefangenen Sommerfröschen (Esculenten) die gleichen Resultate erhalten wie an Winter- und Frühlingsfröschen. Nur ist mir im Sommer etwas häufiger als im Winter an der Rückenhaut ein aussteigender (negativer) Vorschlag zu dem einsteigenden (positiven) Hauptstrom begegnet, und in diesen Fällen war das Secret der Rückenhaut auch nicht rein alkalisch, sondern machte auf blauem Lacmuspapier gesprenkelte rothe Flecken, wie ich es schon an Winterfröschen zuweilen beobachtet hatte (vgl. meine frühere Arbeit p. 305). An der Unterschenkelhaut wurden durchaus keine anderen Resultate als im Winter und Frühling erhalten.

Zahlreiche Versuche, der schon früher erörterten, aber zweifelhaft gelassenen Ursache der beiden Secretionsströme näher auf die Spur zu kommen, sind bis jetzt erfolglos geblieben, so dass ich ihre Mittheilung vor der Hand unterlasse. Nur das sei erwähnt, dass in den Fällen, wo die Rückenhaut negative Vorschläge ergab, der Ruhestrom besonders stark entwickelt schien.

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Notizen zur Physiologie des Glykogens.

Von

B. Luchsinger.

I. Zur Bedeutung des Muskelglykogens.

Nachdem zuerst Nasse[1]) einen Verbrauch von Muskelglykogen durch Arbeit und Starre nachgewiesen und Weiss[2]) diese Erfahrung mit der verbesserten Brücke'schen[3]) Methode vollauf

1) Nasse, dieses Archiv II. 97—121. 1869.

2) Weiss, Wiener acad. Sitzungsberichte. LXIV. Band. II. Abtheilung. 1871.

3) Brücke, Wiener acad. Sitzungsberichte. LXIII. Band. II. Abtheilung. 1870.

bestätigt hatte, führte eine Aufnahme der alten Traube'schen Speculation dahin, in dem Glykogen des Muskels die directe Kraftquelle des Muskels zu vermuthen.

Der Glykogengehalt der Leber ist bekanntlich je nach Art der Nahrung grössten Schwankungen unterworfen. Schon nach kurzer Hungerzeit sinkt er bei manchen Thieren auf Null, um bei nachfolgender Fütterung bald wieder erhebliche Werthe zu gewinnen. So gewaltige Aenderungen dürfte dann allerdings der Glykogenstand des Muskels keineswegs erleiden, dürfte derselbe namentlich nie gänzlich auf Null herabgehen, ohne das Leben des Gesammtorganismus aufs Tiefste zu gefährden. Eine Vergleichung der Schwundzeit des Glykogens in beiderlei Geweben zeigte sich äusserst wünschenswerth.

Die von Weiss (l. c.) ausgeführten Versuche schienen in der That das gehoffte Ergebniss zu liefern. Während bei hungernden Hühnern das Glykogen aus der Leber schon nach kurzer Zeit verschwindet, bleiben in den grossen Brustmuskeln dieser Thiere gleichwohl noch erhebliche Mengen zurück. In der Folge erwies sich jedoch dieses von Weiss gefundene Verhalten als Ausnahmefall. Denn stets sah ich[2]) im Gegentheil in zahlreichen Hungerversuchen bei verschiedensten Thieren, Hund, Katze, Kaninchen, Taube, Frosch das Muskelglykogen weit früher wie das Leberglykogen verschwinden.

In noch vollkommen gut zuckenden Muskeln vielfacher Hungerthiere, selbst im Herzmuskel derselben konnte ich zu oft keine Spur von Glykogen mehr finden, zu Zeiten, wo die Leber noch deutliche Mengen enthielt. Gleichwohl war die von Weiss gefundene Thatsache richtig, einzig die Verallgemeinerung war verfehlt.

Schon damals stellte ich die Vermuthung auf, das seltsam abweichende Verhalten des Brustmuskels vom Huhn möchte in engem Zusammenhange stehen mit dessen ohne Zweifel stark reducirter Function.

Das differente Verhalten von Huhn und Taube allein schon musste dazu genügenden Grund bieten. Wenn der Muskel Kohlen-

1) Traube, Archiv für path. Anatomie XXI.

2) B. Luchsinger, experimentelle und kritische Beiträge zur Physiologie und Pathologie des Glykogens, in Vierteljahrschrift der Zürcher naturforschenden Gesellschaft 1875, auch für sich als Dissertation erschienen.

hydrate bei seiner Thätigkeit wirklich verbraucht, so muss die Vorrathsform derselben um so länger vorhalten, je geringer der Verbrauch, je geringer die Leistung des Muskels. Dann muss es leicht sein, das Experiment der Natur durch künstliche gesetzte Lähmung zu wiederholen.

Auf dem schon damals von mir angebenen Wege (l. c. pag. 21) hat darauf Chandelon[1]) in Hoppe-Seyler's Laboratorium die Sache weiter verfolgt; wie es scheint, ohne meine grundlegende Beobachtung zu kennen. Er fand wirklich die Muskeln der entnervten Seite nach einiger Zeit glykogenreicher wie die Controlmuskeln.

Noch bleibt ein anderer, für unsere Frage fast noch kürzerer Weg zur Untersuchung offen, und findet sich auch dieser in meiner Dissertation ebenfalls schon angedeutet. Zeigt wirklich der Brustmuskel der Hühner nur wegen seiner ausnahmsweise reducirten Function einen so besonders langsamen Glykogenverbrauch, dann muss schon ein blosser Vergleich mit den beständig thätigen Muskeln der untern Gliedmassen genügenden Aufschluss geben.

Versuche.

Hühner werden 2—4 Tage auf Hunger gesetzt, durch Decapitation getödtet, und sofort Leber, Herz, Schenkel- und Brustmuskeln auf Glykogen nach Brücke's Methode untersucht. Die Leber wird aus dem Körper der Leiche direct in siedendes Wasser eingetragen, zerkocht; die Skeletmuskeln werden, um deren Gewichte bestimmen zu können, rasch von den Knochen abgelöst, in vorher gewogene, mit verdünnter Natronlauge gefüllte Bechergläser eingetragen, gewogen und darauf zerkocht.

Nr I. Hahn, 4 Hungertage, Leber zeigt nur noch minimale, kaum wägbare Spuren von Glykogen. Herz, sowie die 52 gr wiegenden Stücke aus den Schenkelmuskeln sind völlig glykogenfrei, dagegen zeigen sich in dem 42 gr wiegenden Pectoralmuskel noch 0,34 gr Glykogen.

Nr. II. Huhn, 4 Hungertage. Weder in Leber, Herz noch Muskeln irgend eine Spur von Glykogen.

Nr. III. Huhn, 2 Hungertage, Leber enthält keine Spur von Glykogen, ebenso sind Herz und Schenkelmuskeln vollkommen frei davon, enthält dagegen das 47 gr wiegende Stück Brustmuskel noch 0,29 gr Glykogen.

Nr. IV. Huhn, 3 Hungertage, Leber enthält unwägbare, aber mit Jodjodkalium noch deutlich erkennbare Mengen Glykogen, die Hinterbeine keine

---

1) Dieses Archiv XIII. 626—631. 1876.

Spur, der Brustmuskel jedoch noch 0,17 gr. Das Herz wurde diesmal nicht untersucht.

Nr. V. Hahn, 3 Hungertage. Herz und Schenkelmuskeln sind vollkommen glykogenfrei, das Leberextract zeigt eingeengt noch schwache Jodreaction, die Brustmuskeln aber enthalten wiederum reichliche, diesmal leider nicht gewogene Mengen Glykogen.

Das Resultat unserer Versuche ist evident. Die Muskeln einunddesselben Thieres können einen sehr verschiedenen Gehalt an Glykogen besitzen. Während die rothen stetsfort thätigen Schenkelmuskeln des Huhns schon nach kurzer Zeit ihren Vorrath an Glykogen gänzlich aufgezehrt haben, können die blassen, mit minimaler Leistung bedachten Brustmuskeln noch ganz ansehnliche Mengen enthalten. Die Behauptung von Weiss, wonach das Glykogen in den Muskeln viel beständiger sei wie in der Leber, gilt also nur für den speziellen Fall der höchst unthätigen Brustmuskeln des Huhns, für die grosse Zahl der übrigen Muskeln, insbesondere für die Beinmuskeln desselben Thieres, für die Brustmuskeln der verwandten, aber flugfertigen Taube gilt vielmehr das Gegentheil.

Wenn aber weiter normale Muskeln zu einer Zeit schon, wo noch beträchtliche Mengen Glykogen in der Leber weilen, keine Spur dieses merkwürdigen Stoffes mehr besitzen, deren Function und damit das Leben des Thieres aber gleichwohl noch fortdauert, so kann eben das Glykogen nicht die directe Kraftquelle des zuckenden Muskels sein, darf damit dasselbe auch nicht zu den wesentlichen, d. i. unumgänglich nothwendigen Stoffen des Muskels gezählt werden.

Dieser Folgerung direct entgegen hat zwar erst neulich noch Nasse[1]), allerdings auf Grund ganz anderer Ueberlegungen vermuthet, dass „Glykogen gerade ein wesentlicher Bestandtheil der contractilen Substanz als solcher und nicht bloss in ihr aufgespeichert sei wie in der Leber.“ Der Mangel jeglichen Glykogens in noch sehr wohl functionirenden Hungermuskeln dürfte gewiss allein schon schlagend widerlegen; die ja auch von Nasse[2]) selbst ebenfalls gefundene Verschiedenheit im Glykogengehalt verschiedener Muskeln desselben Thieres dürfte auch ohnediess schon deutlich

1) Dieses Archiv XIV. pag. 484. 1877.

2) Ebenda.

genug auf eine nur indirecte Beziehung zwischen Muskelzuckung und Glykogenverbrauch hinweisen. Auch aus Gründen ganz anderer Art erscheint es eben viel wahrscheinlicher, dass nicht das Glykogen selbst, vielmehr ein nächstes Spaltungsproduct desselben (Zucker etwa) in das Molekul des lebendigen Protoplasma eingeht. Wird aber Zucker im Ueberschuss der contractilen Substanz zugeführt, so wird wohl ein Theil desselben als Glykogen, in nicht diffundirbarer Form abgelagert, um bei Zeiten des Bedarfs erst wieder in Zucker zurückverwandelt zu werden. So bekäme denn auch endlich die sonst so auffallende Angabe Ranke's, dass bei der Thätigkeit der Muskeln Zucker gebildet würde, mit einem Male ein volles Verständniss. Denn wenn anders danach der thätige gleichwie der erstarrende Muskel als saccharificirendes Ferment wirkt, das begierig Glykogen in Zucker umwandelt, so würden in weiser Einrichtung der contractilen Masse durch ihre Leistung auch sogleich wieder die Kosten derselben ersetzt.

II. Zur Glykogenbildung in der Leber.

1) Schon vor 3 Jahren (l. c.) hatte ich gesucht, endlich einmal ein anderes als das gewöhnliche Glykogen zu erhalten, wenn ich besondere, von dem Traubenzucker verschiedene Zuckerarten verfütterte. Von solchen Zuckern hatte ich selbst schon einige untersucht, mehrere andere dagegen einstweilen nur vorgeschlagen. Von diesen haben nun in der Folge Külz[1]) den Inosit, v. Mering[2]) den Erythromannit bei Hungerkaninchen verfüttert, in der Leber aber keine Glykogenvermehrung danach beobachtet. Diesen negativen Ergebnissen kann ich jetzt noch Versuche anreihen, die ich vor einiger Zeit mit dem theoretisch ganz besonders verlockenden Glycol[3]) anstellte.

Eine besondere Schwierigkeit all dieser Versuche mit isomeren oder substituirten Körpern wird wohl immer in der besonders umständlichen Beschaffung genügender Mengen Materiales liegen. Es wird desshalb im höchsten Grade wünschenswerth, sich vorerst über das glykogenbildende Vermögen kleiner Mengen anerkannter Glykogenbildner zu unterrichten; in den bisherigen Versuchen von Dock, Weiss, Salomon, Külz, auch in meinen eigenen waren

1) Marburger Sitzungsberichte. 1876.

2) Dieses Archiv XIV. 1876.

3) Mein Glycol war von Kahlbaum in Berlin bezogen.

ja stets kolossale Massen injicirt worden. Sind aber dann nur kleine Quantitäten Glykogen zu erwarten, so wird man sich nur um so peinlicher vor trügendem Restglykogen hüten, wird man die Hungerzeiten nur um so länger ausdehnen müssen.

In mehrfachen Versuchen an Kaninchen von 8, 9 Hungertagen konnte ich 3 Stunden nach Injection von 5 gr Zucker oder 5 gr Glycerin in den Magen mittelst der Jodreaction stets schon recht deutliche Mengen von Glykogen in der Leber, oft auch noch Spuren im Herzmuskel erkennen, während entsprechende Controlthiere oder solche, denen gleiche oder selbst doppelte Gaben Glycol injicirt waren, keine Spur Glykogen weder in der Leber noch in den Muskeln enthielten.

2) In Fällen, wo es sich aber nur um sehr geringe Glykogenmengen handeln kann, könnte selbst die Beweiskraft positiver Ergebnisse sehr wohl bezweifelt werden, wenn nicht eine grosse Zahl gutstimmender Versuche zur Verfügung stehen. In der That kann der Glykogengehalt einzelner Thiere auch unter anscheinend oft ganz gleichen Bedingungen ein sehr verschiedener sein. Zu meiner Ueberraschung habe ich in einem Falle bei einem kräftigen Kaninchen neun gut überwachten Hungertagen zum Trotz noch 0,08 gr Glykogen in der Leber gefunden. Controlthiere vermögen also keineswegs unbedingte Bürgschaft für gänzlichen Glykogenschwund zu leisten, ganz sicher wird man im einzelnen Falle nur gehen können, wenn man der Versuchsleber selbst zuvor einen Controllappen entnimmt.

Versuche.

In mehrfachen Versuchen habe ich Kaninchen 7, 8, 9 Tage hungern lassen, denselben während dieser Zeit einzig täglich frisches Wasser gereicht; hernach die Thiere auf Czermak's Halter befestigt; in der linea alba dicht unter dem Schwertfortsatz die Bauchhöhle durch einen 3—4 cm langen Schnitt eröffnet, den linken Leberlappen hervorgeholt, mit feinem, breitem Seidenbande abgebunden, darauf mit einigen Scheerenschnitten gänzlich abgetrennt, sofort in bereitgehaltenes, siedendes Wasser geworfen, und auf Glykogen verarbeitet, während ein Gehülfe die Bauchhöhle wiederum schloss und das Thier darauf entfesselte. Nur wenn das schwach angesäuerte, gut abgekühlte Decoct des Leberlappens mit bekannter Jodreaction keine Spur von Glykogen anzeigte, folgte der eigentliche Versuch.

Es werden — etwa 10 Minuten nach der Exstirpation des Controllappens — 5 gr Traubenzucker oder ca. 5 gr Glycerin je mit etwa 20 ccm

Wasser verdünnt, mittelst einer Schlundsonde in den Magen gespritzt und nach Verlauf einer Stunde schon Leber, Herz, Sceletmuskeln auf Glykogen untersucht.

Mit einer einzigen Ausnahme fanden sich jetzt bei den Zuckerthieren durch Jodreaction schon recht deutlich erkennbare Mengen von Glykogen in der Leber, einige Male auch im Herzen, nie in den Sceletmuskeln. Auch nach der Glyceringabe war mehrfach Glykogen in deutlichster Weise wiederum in der Leber nachweisbar, fehlte aber jetzt sowohl im Herzen wie in den Sceletmuskeln.

Also genügen in der That schon kleine Mengen von Zucker wie von Glycerin, um schon nach kurzer Zeit wiederum Glykogen in einer vorher sicher vollkommen glykogenfreien Leber erscheinen zu lassen — ein Resultat, dessen Sicherheit wir gegenüber jenen negativen Ergebnissen einer durchaus ähnlichen Versuchsreihe Bernard's[1]) nur um so mehr betonen müssen; in jenen Fällen folgte eben die Tödtung des Thieres erst volle sechs Stunden nach der Injection, die zu lange Dauer der Versuchszeit dürfte allein schon den Misserfolg verschuldet haben.

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Die Erregbarkeit der Schweissdrüsen als Function ihrer Temperatur.

Von

B. Luchsinger.

Ganz allgemein ist jedes lebende Wesen zu seiner Entwickelung wie zu seiner Thätigkeit an bestimmte günstigste Temperaturen gebunden, wird dessen physiologische Leistung sowohl durch Erniedrigung wie durch weitere Steigerung derselben gleicherweise herabgesetzt, ja völlig gehemmt.

Hedysarum gyrans beginnt erst über 22° C. das reizende

1) Cl. Bernard, leçons sur le diabète, Paris 1877.

Spiel seiner Blättchen, mit steigender Erwärmung wird dasselbe immer lebhafter, bis die Temperatur auf c. 45° steht; steigt dieselbe aber noch weiter, so büsst die Bewegung an Lebendigkeit ein und hört endlich ganz auf bei c. 48°, um bei bald folgendem Absinken der Hitze an Intensität wieder mehr und mehr zu gewinnen.

Das Centralnervensystem des Frosches nimmt von Eisestemperatur bis gegen 35° fortwährend an Erregbarkeit zu, nur wenige Grade höher erwärmt (38°) stellt es jedoch seine Functionen gänzlich ein, und nimmt dieselben erst wieder auf, sobald die Temperatur wieder entsprechend abgesunken.

Nach Anschauungen, wie solche noch zuletzt in überzeugendster Art Pflüger (diess Archiv X. 1875) entwickelt hat, ist eine Verlangsamung der Lebensprocesse durch zu niedrige Temperaturen geradezu selbstverständlich; weniger sorgfältig untersucht und desshalb auch weniger discutirt ist der nur vorübergehende, hemmende Einfluss zu starker Erwärmung. Irre ich nicht, so dürfte es sich hier um eine noch restituirbare Vorbereitung jener Gerinnungen handeln, welche nur wenige Grade höher in allen protoplasmatischen Massen eintreten und dadurch dauernd den Lebenserscheinungen ein Ende setzen.

Nur höchst selten erst haben sich bislang die Gewebe des Warmblüters einer einschlagenden Untersuchung erfreut. Ihrer oberflächlichen Lage halber eignen sich die Schweissdrüsen vortrefflich als Versuchsobject. —

a) Versuche über den Einfluss der Kälte auf die Erregbarkeit der Schweissdrüsen. Schon bei Gelegenheit einiger zusammen mit Hrn. Trümpy [1]) angestellten Versuche, in welchen der plex. brachialis des Menschen mit tetanisirenden Strömen gereizt wurde, um hernach den Schweiss der Hand auf seine Reaction prüfen zu können, machten wir die Erfahrung, dass die Secretion trotz gleichen Reizes gleichwohl sehr grosse Schwankungen zeigen kann. Ja es konnte sich ereignen, dass die Secretion öfters geradezu ausblieb, oder doch nur in sehr geringen Mengen erschien. Bei kaltem Wetter traf diess gemeiniglich zu.

Nicht selten (besonders zur Winterszeit) sah ich im Verlauf anderweitiger, länger dauernder Versuche an Katzen, offenbar Hand in Hand mit allgemeiner Abkühlung des Thieres Nervenreizungen für die Erregung von Schweiss erfolglos werden. Stets stellte sich jedoch die Erregbarkeit in solchen Fällen wieder ein, sowie nur die Pfote durch Eintauchen in warmes Wasser wieder etwas höhere Temperatur erlangte.

---

1) Vgl. unten pag. 494 u. flgd.

Werden beide Hüftnerven einer Katze durchschnitten, mit Ludwigschen Elektroden armirt, die eine Hinterpfote für einige Zeit (ca. 10 Min.) in Eiswasser, die andere in Wasser von ca. 30° C. getaucht, darauf beide herausgenommen, rasch mit Fliesspapier sorgfältig getrocknet und nun mit gleichen, mittelstarken, tetanisirenden Strömen [1]) gereizt, so sieht man schon sehr bald reichliche Schweisströpfchen auf der gewärmten Seite auftreten, während die abgekühlte vollständig trocken bleibt, oder doch höchstens nur geringe Spuren von Secret liefert. Erst bei stärksten Strömen wird auch auf der abgekühlten Seite die Secretion etwas stärker.

Wird eine Katzenpfote, deren Secretionsnerv durchschnitten, durch einige Zeit (ca. 10 Min.) in Eiswasser gehalten, darauf sorgfältig getrocknet und nun local durch Einstich mit ca. $^1/_2$ ccm einer Pilocarpinlösung von 2% vergiftet, so tritt zwar bisweilen allerdings noch Secretion auf, aber doch stets in beträchtlich geringerem Grade wie auf einer zu 30° erwärmten, mit gleicher Dosis beschickten Controlpfote.

In den mit Hrn. Trümpy zusammen angestellten Versuchen sahen wir fast momentan, nachdem wenige Tropfen einer concentrirten Pilocarpinlösung in die Ulnarseite des Handballens injicirt waren, Schweiss im Bereich dieser Einstichstelle auftreten und in reichlicher Menge sich steigern; hält nun aber die Versuchsperson den Ballen der Hand vorher für ca. 5—7 Min. in Eiswasser und macht man dann einen Einstich mit gleicher Menge gleich concentrirter Pilocarpinlösung, so trat oft erst nach mehr wie 6—8 Min. eine geringe Secretion ein.

b. Versuche über den Einfluss der Ueberhitzung auf die Erregbarkeit der Schweissdrüsen. Hält man an heissem Sommertage die eine Hand für ca. 10 Min. in Brunnenwasser von ca. 45—50° C., die andere zur Controle in Wasser von 15—30° C., trocknet dann beide Hände gut ab und macht rasch in der Hitze einen kleinen Spaziergang, so sieht man schon nach kürzester Zeit an den Fingerspitzen, sowie an den Ballen der Vola auf der Controlseite reichliche Schweisströpfchen erscheinen, während 5, ja oft volle 10 Minuten verstreichen, bis auch die überhitzte, stark hyperämische Hand mit einer, noch einige Zeit nur spärlich erfolgenden Secretion anhebt. Gleichwohl sind aber die Schweissdrüsen durch unsern Eingriff keineswegs etwa zu grösstem Theil in völlige Wärmestarre gebracht, denn schon ca. 30—40 Minuten nach dem heissen Bade ist bei einem nochmaligen Schwitzversuche die Secretion auf beiden Seiten wieder in gleicher Stärke vorhanden.

Für das Ergebniss ist es gleichgültig, ob das Brunnenwasser durch verdünnte oder gesättigte Kochsalzlösung oder durch Schwefelsäure von 5% ersetzt war.

Mit stets gleichem Erfolg ist der Versuch zu oft wiederholten Malen mir selbst sowie mehreren meiner Freunde geglückt.

---

1) Schlittenapparat von du Bois-Reymond, ein Daniell im primären Kreis, die Rollen berühren sich.

Die angeführten Beobachtungen und Versuche liefern eine volle Bestätigung für die Eingangs angestellte Betrachtung. Zu hohe wie zu tiefe Temperaturen hatten die Schweissdrüsen bei Mensch und Katze in einen vorübergehenden Zustand der Lähmung versetzt. Die am Menschen gewonnenen Resultate waren durchaus schlagend, die Lähmung war nach beiden Eingriffen vollständig. Die Versuche an den Katzenpfoten zeigten ebenfalls recht deutlich den erwarteten Sinn der Erregbarkeitsänderung; wenn sie auch in Bündigkeit des Resultates [1]) um etwas hinter den vom Menschen gelieferten Ergebnissen zurückblieben, so mag der Grund dieses Verhaltens ohne Fehl in der tiefern und desshalb vor Temperaturschwankungen geschützteren Lage jener Schweissdrüsen zu suchen sein. —

Nunmehr scheinen wir endlich dem Verständniss einer Reihe älterer, noch unerklärter Beobachtungen näher getreten zu sein. In seinen epochemachenden Untersuchungen zur thierischen Electricität Band II, 2, pag. 206—212 handelt du Bois-Reymond von dem electromotorischen Verhalten ungleich erwärmter, sonst gleichartiger Hautstellen gegen einander.

„Folgendes war das Ergebniss meiner Versuche. Ein Finger bei 0°, worunter ich einen solchen verstehe, der einige Zeit in Lösung von 0° verweilt hat, verhält sich so stark positiv gegen einen Finger bei 15°, 30°, 45°, dass die Nadel an die Hemmung geführt wird. Die Wirkung ist aber bei 15° oder 30° äusserer Temperatur des zweiten Fingers weit heftiger als bei 45°. Ein Finger bei 15° verhält sich gegen einen Finger bei 30° schwach positiv. Gegen einen Finger bei 45° dagegen verhält sich ein Finger bei 15° oder bei 30° sehr stark negativ. Am negativsten ist also der Finger bei etwa 30°. Bei jeder höheren sowohl als jeder tieferen Temperatur ist er positiver. Seine Positivität wächst nach beiden Richtungen hin anfangs langsam, in der Nähe des Nullpuncts und zwischen 40° und 50° aber ausserordentlich schnell."

Schon du Bois selbst erwies die Vitalität der Erscheinungen; denn Leichenhände zeigten in entsprechenden Versuchen, dass stets der kältere Finger positiv gegen den wärmeren sei; damit konnte

1) Vergl. die entsprechenden Pilocarpinversuche.

die Ursache des fraglichen Phänomens also namentlich nicht etwa auf blossen Thermoströmen beruhen.

Die nahen Beziehungen in welche unsere Beobachtungen zu dem eben ausgesprochenen Gesetze treten, sind sofort einleuchtend. Beides — die electromotorischen Kräfte, sowie das Schweissvermögen der Haut — sind gleichlaufende Functionen der Temperatur. Es liegt nahe, an eine causale Verknüpfung der beiden Abhängigveränderlichen zu denken.

Erst neulich noch hat eine von Hermann und mir[1]) gemeinschaftlich ausgeführte Untersuchung die secernirenden Schweissdrüsen der Katze als Sitz electromotorischer Kräfte dargethan. Schon geringe, kaum sichtbare Secretion auslösende Reize waren mächtig genug, recht erhebliche Ausschläge des stromprüfenden Magneten zu bewirken. — Wie nun, wenn in den Versuchen von du Bois eine, wenn auch nur geringe Schweisssecretion ebenfalls mitgespielt hätte? Auch ganz abgesehen von jeder Berücksichtigung der eben herrschenden Witterung, event. Jahreszeit (bei du Bois finden sich keine darauf bezügliche Angaben) dürfte allein schon die blosse, einer erwarteten Erscheinung zugewandte Aufmerksamkeit des Experimentators genügen, die Schweisscentren in gewisse Erregung zu bringen; dieselbe noch erheblich zu steigern, wird die starke sensible Reizung der Haut durch fast unerträgliche Kälte oder durch kaum ausstehliche Hitze wohl nicht verfehlen. Eine beiderseitig allerdings gleich starke centrale Erregung wird aber auf die Drüsen beider Seiten gemäss ihrer durch die verschiedene Temperatur bedingten verschiedenen Erregbarkeit in ganz verschiedenem Grade einwirken, eine verschieden starke Action der symmetrischen Drüsen wird demnach auch verschieden starke, in dem Leitersysteme einander entgegengesetzt gerichtete, electrische Ströme hervorrufen, die Richtung des stärkeren musste sich in den Versuchen von du Bois zeigen. In der That lässt sich aus unsern Daten und Voraussetzungen eine Stromrichtung ableiten, wie sie in den Versuchen jenes Forschers stets zutraf. —

Genau gleich wie die Schweissdrüsen scheinen sich auch die Gefässe der Haut extremen Temperaturen gegenüber zu verhalten. Die starke Hyperämie der erhitzten Hand leitet sich wenigstens aufs ungezwungenste aus einer Wärmelähmung der Hautarterien

1) Diess Archiv Bd. XVII. p. 310—319.

ab, die starke Röthung der Haut, wie solche in kalter Jahreszeit nach kurz vorübergehendem Blauwerden aufzutreten pflegt, zeigt die entsprechende Wirkung der Kältelähmung. Für die Beurtheilung gewisser neuerer Versuche über die Innervation der Gefässe ergibt sich so allerdings ein anderer Gesichtspunct. In solchem Sinne unternommene, neue Versuche haben bisher aber ihren Abschluss noch nicht gefunden, wesshalb ich auf eine spätere Mittheilung verweisen muss.

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Zum Verlauf der Schweissnerven der Katze.

Von

B. Luchsinger.

Im Band XIV dieses Archivs machte ich die Angabe, dass sämmtliche Schweissfasern für die Hinterpfote der Katze am Oberschenkel in dem Strang des Hüftnerven verlaufen und fügte noch hinzu, dass diese jedoch gleichwohl dem Ischiadicus nicht von Ursprung an zugehörten, vielmehr insgesammt demselben erst aus dem Bauchstrang des Sympathicus zugeführt worden seien.

Gleichzeitig und unabhängig davon kam Ostroumoff[1]) zu vollständig gleichem Ergebniss.

Kurze Zeit hernach berichtete Nawrocki[2]) ebenfalls von völlig übereinstimmenden Versuchen.

An den Vorderpfoten waren die Schweissfasern schon früher in den Bahnen des Ulnaris und Medianus gefunden. Beinahe gleichzeitig und jedenfalls unabhängig von einander bezeichneten Nawrocki[3]) und ich[4]) übereinstimmend den Brustrang, spez. den Sternknoten des Sympathicus als alleinigen Durchgang. —

1) Moskauer ärztlicher Anzeiger 1876. (Russisch.) Vgl. Jahresbericht von Hofmann und Schwalbe. 1876.

2) Centralblatt für die med. Wissenschaften. 1878. Nr. 1.

3) Centralblatt für die med. Wissenschaften. 1878. Nr. 2.

4) Centralblatt für die med. Wissenschaften. 1878. Nr. 3.

In der Folge aber stiess diese Lehre von dem ausschliesslichen Verlauf der Schweissnerven in sympathischen Bahnen auf Widerspruch. Adamkiewicz[1]), bald darauf Vulpian[2]) lassen zwar einen Theil der Schweissnerven immerhin aus dem Sympathicus stammen, leiten jedoch, wie es scheinen dürfte, die bei Weitem grössere Zahl aus den eigentlichen Stammfasern des Ischiadicus, resp. plex. brachialis ab. —

Vulpian sah von einer electrischen Reizung des Bauchstranges nur geringen Erfolg; ja er glaubt an einer Stelle (l. c. pag. 1235) sogar auch diesen möglicherweise von Stromesschleifen auf den pl. ischiadicus ableiten zu dürfen. Viel wirksamer findet er nämlich directe Reizung der eigentlichen ischiadischen Wurzeln. Um Täuschungen durch Angstschweiss, durch Stromesschleifen zu vermeiden, war einer solchen jedesmal Durchschneidung des Lendenmarks, oft auch noch Durchschneidung des gleichseitigen Bauchstrangs vorausgegangen.

War der Bauchstrang einer Seite durchschnitten, so trat entsprechend sowohl durch Hitze wie durch Dyspnoe auch auf der operirten Seite gleichwohl noch Schweiss auf.

An den Vorderpfoten schien die Sache allerdings etwas anders zu liegen. Hier verlief jedenfalls die bei Weitem grössere Zahl der Schweissfasern wirklich im Bruststrang des Sympathicus, ja fehlten öfters spinale Fasern gänzlich.

Schon im Laufe verflossenen Wintersemesters hatte ich eine ähnliche Versuchsreihe wieder zur Hand genommen, die Zahl der Versuche aber im Laufe letzten Sommers infolge der Mittheilung Vulpian's noch wesentlich vermehrt.

Versuche.

Dieselben beziehen sich beinahe ausschliesslich auf Exstirpationen des Grenzstrangs linker Seite. Anfangs wurden die Thiere stets sofort nach beendigtem Versuche getödtet, erst ungefähr Mitte Sommersemesters fasste ich den Entschluss, einige derselben noch längere Zeit am Leben zu erhalten, um sie auch noch später im Zustande völligsten Wohlbefindens untersuchen zu können. In diesem Streben wurde ich ganz besonders unterstützt durch die gewandte Assistenz von Herrn Dr. Puelma.

---

1) Adamkiewicz, Die Secretion des Schweisses, eine bilateral-symmetrische Nervenfunction. Berlin 1878.

2) Comptes rendus. 1878. Nr. 20, 21, 23.

I) Wollten wir die Thiere am Leben erhalten [1], so erforderte es eine tiefe, ganz besonders sorgfältig geleitete Narkose. Denn jedes Pressen des Thieres während der Operation könnte ja Alles vereiteln. Auf einen Rath Bernard's injicirte ich ungefähr 1—2 Stunden vor der Operation 2 ccm einer Lösung von 1 % Morphium sulphur. subcutan; es lässt sich dann während der Operation durch Aether oder Chloroform viel leichter und weniger gefahrvoll eine gute Narkose erzielen.

Die Bauchhaut wird in weitem Umkreis geschoren und sauber rasirt, von der Symphyse ab durch einen 4—5 cm langen Schnitt die linea alba getrennt, das Peritoneum mit feiner Scheere durchschnitten, darauf werden mit reinem, feinem Tuche die Eingeweide rasch nach oben und rechts geschoben und mit breiten, stumpfen Hacken zurückgehalten. Bei einiger Vorsicht ist unschwer jeglicher Vorfall von Darmschlingen etc. zu vermeiden. Nun wird in der Mittellinie das Peritoneum nochmals geschlitzt, die entgegentretende Aorta mit passenden Hacken nach rechts gezogen. Dicht auf den Wirbelkörpern liegend kömmt der Grenzstrang der linken Seite in Sicht. Derselbe wird nun, an der Theilungsstelle der Aorta vorbei, möglichst tief nach unten verfolgt, bis sich die Anfänge des plexus ischiadicus auf dessen Aussenseite zeigen. In dieser Höhe, auf dem VII. Lendenwirbel, sieht man leicht einen starken Nervenfaden vom Grenzstrang nach aussen direct zum Plexus sich wenden, gleichzeitig werden die sympathischen Knötchen von hier ab um ein Bedeutendes kleiner. Diese deutlich sichtbare Verknüpfung des Sympathicus mit dem Hüftnerven, ebenso die Verbindung mit den tiefer liegenden Ganglien wird nun durchschnitten, darauf noch zu aller Vorsicht der Grenzstrang nach oben zu um ein 2—3 cm langes Stück exstirpirt, endlich die Bauchhöhle sorgfältig geschlossen.

Da diese Thiere gleichzeitig auch zu den im folgenden Aufsatz beschriebenen Beobachtungen dienen sollten, folgte unmittelbar noch die Durchschneidung des Hüftnerven rechter Seite.

Täglich wurden die Wunden mehrmals gereinigt, die Fütterung sorgfältig überwacht.

Fünf so operirte und behandelte Katzen verblieben mir vollkommen munter 2, 3 Wochen lang zu ständiger Beobachtung, und wurden endlich zu andern Versuchen verbraucht. Zu oft wiederholten Malen habe ich die Thiere während dieser Zeit in den warmen Raum eines geheizten Brütofens gebracht, und wenn starke Wärmedyspnoe eingetreten, die Pfoten auf Schwitzen geprüft.

Während die gesunden Vorderpfoten durchweg reichliche Schweisssecretion zeigten, blieb die rechte Hinterpfote stets vollkommen trocken. In vieren unserer Fälle blieb nun die linke Hinterpfote mit exstirpirtem Grenzstrang jedesmal genau so trocken wie jene andere mit durchschnittenem Hüftnerven. In einem einzigen Falle da-

1) Es konnte sich dann natürlich stets nur um Exstirpationen des Bauchstrangs handeln.

gegen war allerdings das Schweissvermögen trotz der Exstirpation des Grenzstrangs geblieben, zeigte sich einzig etwas geschwächt beim Vergleich mit den gesunden Vorderpfoten. Bei allen diesen Thieren blieb sich das Verhalten gleich, mochte die Beobachtung schon unmittelbar nach der Operation, mochte sie erst nach 8, 14, 20 Tagen angestellt worden sein [1]). Jedesmal wurde schliesslich noch die Section gemacht, auch in jenem Ausnahmefall ergab sich die Operation als vollkommen richtig ausgeführt.

II) Sieben weiteren Katzen hatte ich in starker Chloroformnarkose, wie angegeben, den linken Bauchstrang durchschnitten, dieselben aber nur kürzere Zeit am Leben erhalten. Die Prüfungen wurden vorgenommen, sobald die Thiere sich von der Narkose erholt katten, oft auch noch einmal am folgenden Tage. In keinem einzigen dieser Fälle konnte ich weder durch Hitze noch durch Dyspnoe und psychische Erregung Schweiss auf der linken Hinterpfote provociren, während prächtige Schweisstropfen auf den drei gesunden Pfoten die noch gute Erregbarkeit der Schweisscentren anzeigten.

III) Sechs andere Katzen endlich curaresirte ich, nahm darauf die Exstirpation des linken Bauchstranges vor. Hatte ich mich durch Dyspnoe von dem Schweissvermögen der Hinterpfoten unterrichtet, so legte ich gleich darauf noch den Sternknoten linkerseits bloss und exstirpirte ihn ebenfalls [1]). Nun liess ich nochmals Erstickung eintreten, und vergiftete hernach das Thier mit Pikrotoxin [2]). In fünf Fällen blieb nach Ausrottung des Grenzstrangs trotz dieser Reize auf den bezüglichen Pfoten jegliches Schwitzen aus; in Einem Falle dagegen war solches, wenn auch etwas geschwächt, so doch gleichwohl noch recht deutlich sowohl an Hinter- wie Vorderpfote eingetreten. Auch hier ergab die nachfolgende Section überall vollkommen gelungene Operation.

IV) Einigen von diesen schon zu den eben besprochenen Versuchen verwendeten Katzen wird in tiefer Narkose das Lendenmark durchschnitten, die Sacralwurzeln auf der linken Seite blossgelegt, die peripheren Stümpfe gereizt, aber stets erfolglos.

Ueberblicken wir das Gesammtresultat unserer Versuche, so finden wir allerdings in der überwiegend grösseren Zahl unserer Fälle eine volle Bestätigung unserer alten Befunde. Wir hätten uns auch jetzt beinahe wiederum ebenso bestimmt wie damals ausgesprochen, hätten uns nicht zwei sichere Beobachtungen in der That von der Möglichkeit überzeugt, dass immerhin auch in den

1) Nach 8 Tagen ist die Wunde in voller Granulation, nach 14 Tagen beinahe schon geschlossen. Nach 3 Wochen sah ich sie schön vernarbt.

2) Vgl. B. Luchsinger, dieses Archiv XVI. 516.

3) Vgl. B. Luchsinger, dieses Archiv XVI. 530—544.

eigentlichen Stammfasern des Ischiadicus Schweissnerven enthalten sein können, hätte nicht fast noch beweisender jener Eine Fall einer Ausrottung des Sternknotens auch die Möglichkeit spinaler Bahnen für die Schweissnerven der Vorderpfoten dargethan. Wenn wir also jetzt im Principe mit dem verdienten französischen Forscher wohl dahin übereinstimmen, dass sowohl sympathische wie spinale Schweissfasern im Hüftnerv wie in den Armnerven enthalten sein können, so bleibt gleichwohl noch eine auffallende Differenz über den verschiedenen Grad der Betheiligung beider Systeme bestehen.

Dieselbe muss z. Th. wenigstens sicher in einer Verschiedenheit des Operationsverfahrens begründet sein. Während ich erst unterhalb des VII. Lendenwirbels die Durchschneidung des Sympathicus ausführe, durchtrennt Vulpian den Bauchstrang schon in der Höhe des IV. Lendenwirbels; damit dürfte nun aber der Einfluss des Grenzstrangs noch keineswegs völlig eliminirt sein. Direct daraufhin gerichtete Versuche überzeugten mich geradezu, dass eine Durchschneidung des Grenzstrangs in der Höhe des IV. Lendenwirbels durch centrale Erregungen ausgelöstes Schwitzen noch keineswegs aufhebt, während solches fast stets ausbleibt, sobald diesem Eingriffe unmittelbar darauf noch eine tiefe Durchschneidung folgt.

Bei den Versuchen ferner, die ischiadischen Wurzeln zu reizen, dürften immerhin wohl Stromesschleifen auf den schon ohnehin Schweissfasern führenden plex. ischiadic. nicht sorgfältig genug vermieden worden sein.

Diese beiden, in Versuchen an den Hinterpfoten so bedenklichen Fehlerquellen fallen aber, spezieller anatomischer Verhältnisse halber, bei Experimenten an den Hinterpfoten kaum in Betracht; sollten nicht darin die von Vulpian gefundenen grossen Unterschiede in dem Verhalten der Vorder- und Hinterpfoten eine einfachste Deutung finden?

Gänzlich unerklärt bleibt mir bei Vulpian's Versuchen der so geringe Erfolg sympathischer Reizungen. In mehrfachen Fällen konnte ich leicht durch Reizung des Bauchstrangs, wie durch Reizung des aufsteigenden Bruststrangs starken Schweiss auf den betreffenden Pfoten hervorrufen und bürgte bei nicht curarisirten Thieren ein Ausbleiben jeglicher Muskelzuckung gewiss für ein Ausbleiben jeglicher Stromesschleifen. Jedenfalls aber müssen wir

den von Vulpian (l. c. pag. 1236 u. flgd.) einmal zur Erklärung angerufenen, von ihm im Grenzstrang vermutheten Hemmungsnerven der Schweissdrüsen solange unsere Anerkennung versagen, als die ebenfalls im Sympathicus verlaufenden gefässverengenden Fasern zur Erklärung der fraglichen Erscheinung[1]) vollkommen ausreichen.

Ueber die bezüglichen Resultate von Adamkiewicz endlich bleibt nur noch wenig beizufügen.

Wenn derselbe bei einem eben getödteten Kätzchen einfach zu beiden Seiten der Austrittsstelle des plex. ischiadicus Electrodennadeln in das Mark einsticht und reizt, so erlaubt ein positiver Erfolg durchaus keinen sichern Schluss. Wie leicht müssen nicht auch die benachbarten, wirklich Schweissfasern führenden Lendenwurzeln, fast noch mehr der ja auch von ihm als Schweissnerv anerkannte Bauchstrang des Sympathicus von gewiss noch wirksamen Stromesschleifen getroffen werden?

Allein in der angezogenen Monographie finden sich überhaupt der seltsamen Schlüsse genug.

Wenn der Autor z. B. die eine Gesichtshälfte des menschlichen Kopfes mit electrischen Strömen reizt und daraufhin auf beiden Gesichtsseiten Schweiss ausbricht (pag. 9, 10), so ist nur schwer ersichtlich, wie man von einer Reizung bestimmter Nerven, des Facialis nämlich, sprechen kann, scheint doch vielmehr der Erfolg einfach das Resultat einer Reizung beliebiger sensibler Nerven der Gesichtshaut zu sein!

Wenn ferner Adamkiewicz bei Kätzchen den (doch wohl durchschnittenen?) Ischiadicus einer Seite reizt, und nun auch auf der andern nicht gereizten Hinterpfote Schweiss ausbrechen sieht, so dürften wir es eben vorläufig mit einer einfachen Wirkung von Angstschweiss zu thun haben, müssten diese jedenfalls vorerst ausschliessen bevor wir an eine auch bei Katzen im Keime vorhandene „bilaterale Nervenfunction“ denken dürfen.

---

1) Pilocarpinschweiss soll auf jener Pfote, deren Grenzstrang durchschnitten ist, etwas reichlicher fliessen.

2) l. c. pag. 51.

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Zum Verlauf der Gefässnerven im Ischiadicus der Katze.

Von

Dr. **Fr. Puelma**, aus Sanjago in Chili. und Prof. Dr. **B. Luchsinger.**

Bei Gelegenheit vorstehender Versuche konnte leicht der Wunsch rege werden, auch die so nahverwandte Frage über den Verlauf der Gefässnerven durch eignen Augenschein zu prüfen. Ist doch, wie die Sache zur Zeit noch liegt, die ganze Angelegenheit in völlig widerspruchsvoller Entwicklung!

Schon 1855 bezeichnete Schiff[1]) sowohl die eigentlichen Stammwurzeln des Hüftnerven als auch den Bauchstrang des Sympathicus. als Bahnen für die gefässverengenden Nerven der Hinterpfote; auf Grund eigener umfassender Untersuchung sprach sich dagegen Bernard[2]) 1862 mit aller Entschiedenheit wider einen directen, spinalen Verlauf aus, und betrachtete vielmehr den Grenzstrang als den alleinigen Vermittler centraler Erregungen. Obschon nun fast unmittelbar darauf Schiff[3]) mit Darstellung neuer Thatsachen antwortete, blieb die Sache gleichwohl noch keineswegs entschieden. Eine in der Folge in Ludwig's Laboratorium an den Vorderpfoten des Hundes ausgeführte Untersuchung von Cyon[4]) bekräftigte Bernard's Ansicht vielmehr vollauf.

Mit der Wiederentdeckung der gefässerweiternden Nerven durch Goltz musste die Discussion sich selbstredend auch auf diese ausdehnen. In seiner so verdienstvollen Untersuchung über

1) Schiff, Untersuchungen zur Physiologie des Nervensystems. 1855.
2) Comptes rendus 1862.
3) Comptes rendus 1862.
4) Leipziger Berichte 1868.

die Hemmungsnerven der Hautgefässe ist Ostroumoff[1]) in der That auf diese Frage eingegangen. Er kam in voller Uebereinstimmung mit Bernard und Cyon zu dem Schlusse, dass sämmtliche verengende wie sämmtliche erweiternde Nerven für die Hinterpfote den Umweg durch den Bauchsympathicus nehmen.

In völligem Gegensatz hiezu behauptete Stricker[2]) hinwiderum erst noch vor Kurzem nicht nur ganz allgemein die Existenz directer, aus dem Rückenmarke unmittelbar stammender Erweiterungsnerven, forderte für dieselben vielmehr noch den ganz paradoxen Ursprung aus hintern, sonst doch nur centripetal wirksamen Wurzeln.

Aber auch diese Untersuchung blieb nicht ohne lebhaften Widerspruch. Erst neulich noch konnten zwei bald nacheinander aus Vulpian's Laboratorium hervorgegangene Arbeiten[3]) Stricker's Ergebnisse keineswegs bestätigen.

Es dürfte zu weit führen, hier nochmals ausführlich auf die verschiedenen Methoden dieser Forscher einzugehen. Gewiss sind deren so differente Resultate zu nicht geringem Theil durch die Verschiedenheit der Versuchsverfahren veranlasst. Dieselben sind in der That meist keineswegs einfach; in Fragen so complicirter Art können Fehlerquellen der verschiedensten Gattung nur allzu leicht die Schlussfolge trüben.

Zur Untersuchung der Function irgend eines Organes spez. eines Nerven hat man entweder dessen Thätigkeit durch künstliche Reizung zu steigern — Reizversuche —; oder durch Schnitt, Ausrottung etc. das fragliche Gebilde zu zerstören — Lähmungsversuche. Beides — Steigerung wie Ausfall einer Function bezeugt dann gleicherweise die Beziehung zu dem fraglichen Nerven. So schöne Resultate die Reizversuche der Nervenphysiologie auch schon gebracht haben, gibt es doch Fälle, in welchen man sich derselben mit weniger Sicherheit wird bedienen dürfen. Laufen zumal zwei einander entgegen wirkende Fasergattungen in demselben Nervenstrange, so werden künstliche Reize zu oft einander scheinbar widersprechende, desshalb anfänglich wenigstens verwirrende Resultate geben oder werden sich in vielen Fällen die

1) Dieses Archiv XII.

2) Wiener acad. Sitzungsberichte, Bd. LXXIV, Abth. III. 1876.

3) Archives de physiologie 1876, 1878.

ausgelösten Effecte gegenseitig so hemmen, dass nur unbedeutende, leicht übersehbare Erfolge sich entwickeln können. Negativen Fällen gegenüber wird so immerhin grosse Scepsis zu üben, positiven eingehende Zergliederung zu widmen sein.

Entscheidendere Antworten müssen in solchen Fragen die Lähmungsversuche geben, insbesondere wenn wie hier die Endapparate paarig symmetrisch liegen.

In der That die Centren unserer antagonistischen Nerven werden durch die wechselnden, innern Zustände des Gesammtorganismus gewiss in sehr verschiedener Weise erregt, wir haben so die Aussicht durch vitale Reize eine gesonderte Reizung verschiedener Fasern desselben Stammes zu erreichen, und brauchen nun nur die mannigfach wechselnden Zustände der gesunden mit jenem stetig gleichen mittleren Verhalten der gelähmten Seite zu vergleichen. Möglichste Schonung des Thieres ist dann allerdings sehr erwünscht, um eben möglichst wenig die Erregbarkeit unseres vitalen Reizapparates, des Centralnervensystems zu beeinträchtigen.

Die hohe Wichtigkeit der Hautgefässe für die Wärmeregulirung lässt in dem Temperaturstand des Körpers einen solchen hervorragenden Lebensreiz vermuthen; Sinken der Temperatur scheint vorzüglich die Verengerer, Steigen derselben namentlich die Erweiterer der Hautgefässe zu reizen. Die blosse, vergleichende Beobachtung der Injection passend gewählter Hautobjecte wird über den Zustand der Blutgefässe schlagend genug orientiren.

In der That auf Grund derartiger Ueberlegungen hatte schon 1856 Schiff[1]) die weitverbreitete Existenz gefässerweiternder Fasern erschlossen, lange bevor solche eben wegen ihres fast beständig mit verengenden Nerven gemeinschaftlichen Verlaufes durch Reizversuche nachgewiesen werden konnten.

Hatte der Eine von uns[2]) einer Katze mit nicht pigmentirten Hinterpfoten den Hüftnerv einer Seite durchschnitten, so zeigte sich zwar für gewöhnlich die entnervte Pfote stärker geröthet wie die gesunden, erschien aber im Gegentheil deutlich blasser, sobald durch Erwärmen die Körpertemperatur des Thieres erheblich gestiegen.

1) Vgl. Verhandlungen der Berner naturforschenden Gesellschaft. 1856.

2) Vgl. dieses Archiv XIV. 391—394.

Genau gleich fiel der Versuch aus, wenn statt des Hüftnerven der Bauchstrang des Sympathicus durchschnitten war.

Danach müssen im Hüftnerven und im Sympathicus gefässverengende und gefässerweiternde Nerven für die Hinterpfote enthalten sein, denn beides — die stärkere Blässe wie die stärkere Hyperämie der gesunden Seite — sind Functionen des hier nicht durchschnittenen Nerven.

Die sympathischen Fasern sind tiefer unten sämmtlich mit im Ischiadicus enthalten, — diess erweist der physiologische Versuch[1]). Sind sie nun überhaupt die einzigen Gefässnerven dieses Stranges, oder kommen auch noch dessen eigentlichen Wurzeln Functionen gleicher Art zu? Diess zu entscheiden, haben wir einfach die angeführten Versuche nebeneinander an beiden Seiten einunddesselben Thieres auszuführen. Ist der Effect beidseitig gleich, so wird eben auch die Zahl der beidseitig durchschnittenen Gefässfasern eine gleiche sein, zeigt sich dagegen auf der sympathischen Seite ein geringerer Ausfall der Function, so müssen eben auch noch die eigentlichen Stammwurzeln des Hüftnerven einen Rest gleichartiger Fasern enthalten.

Zu den erforderlichen Beobachtungen dienten jene fünf schon im vorigen Aufsatze (p. 485) ausführlich besprochenen Katzen erster Versuchsserie.

Ihre Pfoten waren völlig frei von Pigment. Der linke Bauchstrang, sowie der rechte Hüftnerv waren wie angegeben durchschnitten. Von den ersten Stunden nach der Operation bis zu 2, 3 Wochen nach derselben fand die Beobachtung zu oft wiederholten Malen statt. Das ausnahmslose, völlig einstimmige Resultat war: Die operirten Hinterpfoten zeigen stets einen andern Blutgehalt wie die gesunden Vorderpfoten, differiren aber auch gegeneinander in sehr bemerkenswerther Weise.

In den ersten Tagen wenigstens ist in der Kälte, resp. für gewöhnlich die rechte Hinterpfote am stärksten geröthet, deutlich weniger injicirt die linke Hinterpfote, und sind die Vorderpfoten blass. In der Hitze dagegen kehrt sich diese Reihenfolge geradezu um, so dass jetzt die gesunden Vorderpfoten die stärkste Injection zeigen, die rechte Hinterpfote relativ blass erscheint und die

---

1) Vgl. Ostroumoff, dieses Archiv XII.

linke Hinterpfote auch jetzt ebenfalls eine mittlere Färbung darbietet.

Mit dem Rückgang der Lähmungshyperämie auf der rechten Seite, nach 3, 4 Tagen zeigen sich nun zwar die beiden Hinterpfoten für gewöhnlich nahezu gleich injicirt, kann sich dann aber nur um so auffallender ihr Unterschied in der Hitze entfalten.

In zwei Fällen hatte der Eine von uns (L.) circa 14 Tage nach der Durchschneidung des linken Bauchstrangs nachträglich auch noch den Hüftnerv gleicher Seite durchschnitten. Sehr bald trat starke Hyperämie der betreffenden Pfote auf, und ging dieselbe aber wieder zurück, sowie das periphere Ende des durchschnittenen Nerven mit mittelstarken tetanisirenden Strömen gereizt wurde. Nach drei weitern Tagen war die Lähmungshyperämie schon wesentlich geringer, rief jetzt aber eine nochmalige Reizung des degenerirenden Nerven eine starke Röthung der Pfote hervor[1]).

Das Resultat unserer Versuche ist schlagend genug. Ausnahmslos fand sich die alte Angabe Schiff's vollauf bestätigt. In jedem Falle hatten wir mit der Durchschneidung des Sympathicus noch keineswegs alle Gefässnerven der Pfote durchschnitten, besass der Ischiadicus eben stets noch intacte, aus seinen eigenen Wurzeln stammende Fasern. Was oben für die Nerven der Schweissdrüsen in seltner Ausnahme sich zeigte, erscheint für die Nerven der Gefässwand als ausnahmsloses Gesetz!

---

1) Vgl. Ostroumoff, dieses Archiv XII; Kendall und Luchsinger, dieses Archiv XIII.

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Besitzt normaler menschlicher Schweiss wirklich saure Reaction?

Von

D. Trümpy, stud. med. aus Glarus. und Prof. Dr. **B. Luchsinger.**

Noch selten mag eine physiologische Lehre sich einer grössern Glaubwürdigkeit erfreut haben, wie gerade die Behauptung von der constant sauren Reaction menschlichen Schweisses. Nehmen wir irgend ein beliebiges Lehrbuch der Physiologie aus älterer oder neuester Zeit zur Hand, wir finden die durchweg übereinstimmende Angabe, dass menschlicher Schweiss normal stets sauer reagirt nur in wenigen, etwas ausführlicheren Darstellungen wird zwar etwa noch der Möglichkeit gedacht, ab und zu auch einmal alkalischen Schweiss zu treffen, immer aber handle es sich dann um ein abnormes Secret; entweder sei dasselbe durch eine Zersetzung von Harnstoff z. B. schon in alkalische Fäulniss übergegangen oder es sei nur noch ein letzter, am Ende einer langen Secretionsdauer gewonnener Rest, geliefert zu einer Zeit, wo die secernirenden Elemente eben erschöpft und damit unfähig wären, die specifischen Producte zu bereiten. —

Zu anfänglich grösster Ueberraschung fand dagegen der Eine von uns[1]) schon bei seinen ersten Versuchen an den Katzenpfoten die Reaction des Katzenschweisses gleich von Anfang ab stark alkalisch, vermisste er namentlich bei noch so sorgfältig gereinigter Pfote auch an den ersten Tröpfchen jede Spur saurer Reaction.

Dieser zufällige Fund allein schon war allerdings mächtig genug, die Richtigkeit der herrschenden Lehre in begründete Zweifel zu ziehen; solche Zweifel mussten sich nur noch mehr steigern, seit erst noch vor Kurzem Untersuchungen aus dem Zürcher phy-

---

1) Vgl. dieses Archiv XV. pag. 482. Anmerkung.

siologischen Laboratorium bei Mensch wie Katze eine electromotorische Differenz zwischen schwitzender und ruhender Haut dargethan und die Stromrichtung in beiden Fällen als gleichsinnig erwiesen hatten[1]). Kurz, es war eben nicht abzusehen, warum die gleichen Drüsen bei verschiedenen Thieren unter voraussichtlich durchweg gleichen Bedingungen zu identisch gleichen Zwecken Secrete verschiedener Natur, spez. verschiedener Reaction bereiten sollten.

Eine Reihe älterer Versuche mussten jetzt bessere Beachtung finden. Schon 1852 hatte Gillibert d'Hercourt[2]) einen Rückgang der anfänglich stark sauren Reaction bis zur Neutralität beobachtet, bald darauf Favre[3]) nach einstündigem Schwitzen sogar einen völligen Umschlag ins Alkalische gefunden; und erst vor Kurzem noch Robin[4]) für den Pilocarpinschweiss wenigstens diese Angaben völlig bestätigt.

Zur Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinung sind zwei Möglichkeiten zu erwägen. Entweder ist die normale Reaction menschlichen Schweisses wirklich sauer und schlägt erst mit einer Ermüdung der Drüsen ins Alkalische um, oder es reagirt der Schweiss des Menschen gleichwie jener der Katze für sich allein ebenfalls schon von Anfang ab alkalisch; die anfänglich in der That saure Reaction des geprüften Secrets kömmt also gar nicht dem reinen Drüsenschweisse zu, ist vielmehr weiter Nichts als eine von der Schweisssecretion selbst durchaus unabhängige, saure Verunreinigung der Haut, welche erst durch einen längere Zeit fliessenden Strom alkalischen Schweisses neutralisirt und weggespült werden kann.

Das gekünstelte der einen Annahme ist sofort einleuchtend, sie ist eben nur ad hoc erfunden, es fehlt ihr jede Analogie; für die Triftigkeit der andern spricht eine naheliegende Ueberlegung.

Während nämlich die Katzenpfote nur eine einzige Art von Drüsen, eben ausschliesslich Schweissdrüsen besitzt, wir hier also wirklich reinen Drüsenschweiss untersuchen, finden sich auf dem

1) Ueber den Actionsstrom der Muskeln im lebenden Menschen von L. Hermann, dieses Archiv XVI. 410—420. Ueber die Secretionsströme der Haut bei der Katze von L. Hermann und B. Luchsinger, dieses Archiv XVII. 310—319.

2) Gazette medicale de Lyon. 1852.

3) Comptes rendus. 1852.

4) Nach Virchows Jahresbericht 1874.

weitaus grössten Theil der menschlichen Haut, ganz besonders auf jenen gerade für die Schweisssecretion günstigsten Stellen des Gesichts ausserdem noch reichlich entwickelte Talgdrüsen vor. Menschlichen Schweiss werden wir so im Allgemeinen nie rein gewinnen können, stets wird derselbe zusammen mit mehr weniger fettigem Secret der Talgdrüsen zur Untersuchung kommen.

Die fragliche saure Reaction des geprüften Secrets könnte nun offenbar gerade von den Talgdrüsen allein herstammen. Wie leicht könnte nicht deren fettiges, die Haut in dünner Schicht überziehendes Secret in ständigem Contact mit der Luft eine ranzige Zersetzung erleiden? Ja es könnte sogar sehr wohl durch den Process der fettigen Degeneration schon in den Drüsenzellen selbst eine Säuerung eintreten.

Die Secretion der Schweissdrüsen ist im höchsten Grade variabel, sie kann je nach innern Zuständen des Thieres mit grosser Geschwindigkeit von Null bis auf sehr erhebliche Werthe ansteigen, steht offenbar desshalb auch in so directer Beziehung zu nervösen Erregungen. Die Talgsecretion dagegen ist ein langsamer, aber continuirlicher Process fettiger Degeneration, als solcher wohl zweifellos unabhängig von Nerveneinfluss.

So werden wir also wohl im Stande sein, die Schweisssecretion für sich allein zu erregen, und durch einseitige Steigerung derselben uns wenigstens einigermassen unabhängig zu machen von dem störenden Einfluss der stets nebenherlaufenden Talgsecretion.

Durch eine gründliche Waschung der Haut werden wir aber die bisher schon gelieferten und etwa ranzig gewordenen Talgmassen vor jedem Versuche entfernen.

Versuche.

Fährt man mit Streifchen blauen Lacmuspapiers[1]) über die Haut der Stirn, Nase, Brust, Arm etc., so findet man stets, auch bei gänzlich fehlender Schweisssecretion, die Papierchen fettig und gleichzeitig stark geröthet. Einmal um die Säure, dann aber auch um das Fett möglichst zu entfernen, wurde die Versuchshaut kurz nacheinander mit Seife, dann verdünnter Essigsäure, Aether, Alkohol, endlich mit destillirtem Wasser sorgfältigst gewaschen; erst wenn weitere blaue, wie rothe Lacmusstreifen

1) Zumeist benutzten wir gewöhnliche, in den Apotheken käufliche rothe und blaue Streifen; bei spätern Versuchen aber auch neutrales, sog. englisches Papier, das wir der Güte von Herrn Prof. Dr. Michler verdankten.

ihre Farbe behielten, erachteten wir die Reinigung für genügend und schritten möglichst rasch zum eigentlichen Versuch; wird anders nämlich zu lange (nur 15 Minuten z. B.) gezögert, so hat sich öfters schon wieder auf's Neue saure Reaction auf der Haut eingestellt, und vereitelt so den Zweck der umständlichen Waschung.

Als Mittel rasch ausgiebige Secretion zu erzielen, wandten wir zumeist subcutane Injetionen von ca. 0,01 gr Pilocarpinum muriatic. an, einige Male mit vollkommen gleichem Erfolge heisse Bäder.

Schon binnen einer Minute nach dem Einstich tritt local (Arm, Brust) Schweiss auf, nach ca. 3 Minuten Speichelsecretion, noch einige Minuten später, anfangs nur in Tröpfchen, bald aber in grossen, rasch einander folgenden Tropfen ein reichlicher Schweiss im Gesicht, besonders auf Stirn und Nase; noch später zeigt sich eine geringere Secretion am ganzen übrigen Körper. Das Schwitzen hält im Gesicht ca. 3/4 Stunden an, die Speichelsecretion überdauert dasselbe stets noch um kurze Zeit.

Untersuchen wir nun gerade die am besten schwitzende Haut des Gesichts, wischen wir abwechselnd mit rothen und blauen Lacmuspapierchen die Tropfen weg, so finden wir dieselben in den allermeisten Fällen schon mit Beginn der Secretion von deutlich alkalischer Beschaffenheit; zumeist nimmt die Bläuung der rothen Papierchen während der nächsten Minuten an Stärke noch erheblich zu. Nur in einigen wenigen Fällen sehen wir das Secret anfänglich für kurze Zeit (ca. 1—3 Min.) noch sauer reagiren, schlug aber hernach die Reaction rasch genug ins Alkalische um; in einem einzigen Falle — es war an einem heissen Sommernachmittage — blieb endlich trotz gründlichster Waschung die saure Reaction hartnäckig volle 7 Minuten bestehen, worauf dann allerdings auch hier die Röthung blauen Papiers verschwand, eine Bläuung rothen Papieres auftrat.

Ist einmal die Reaction alkalisch geworden, so bleibt sie auch in der Regel während der ganzen Secretionszeit so; in zwei Fällen dagegen haben wir — zu unserm nicht geringen Erstaunen — gegen Ende des Schwitzens wieder schwach saure Reaction angetroffen, es traf sich diess bei Versuchen, in denen auch schon zu Anfang ein kurzes Stadium saurer Reaction vorhanden war.

In einigen Fällen wurde nur die eine Gesichtshälfte der angegebenen Waschung unterzogen, hier konnten wir deutlich den Einfluss des Hauttalges auf den Gang der Reaction erkennen.

Während die sorgfältig gereinigte Seite sofort mit Beginn der Secretion alkalische Reaction zeigen kann, bleiben dagegen die Proben auf der unbesorgten Seite noch längere Zeit (bis 10—15 Minuten) sauer; aber die saure Reaction des Secrets nimmt an Intensität mit der Dauer des Schwitzens fortlaufend ab und erlangt eben schliesslich auch hier das Alkali das Uebergewicht.

Wenn die Hautoberfläche schon ohne jegliches Schwitzen sauer reagirt, und diese Reaction trotz sorgfältigsten Waschens schon nach kurzer Zeit wiederkehrt, so ist damit ein Process fortlaufender

Säurebildung durch Hauttalg dargethan. Dieselbe geht nun aber offenbar auch während des Schwitzens ungehindert, ja vielleicht sogar mit beschleunigter Geschwindigkeit[1]) ihren Gang. In keinem Falle kann also auch nach noch so sorgfältiger Waschung das Lacmuspapier die wahre Reaction von reinem Schweisse anzeigen, denn stets wird ja das eigentliche Secret der Schweissdrüsen gemischt mit mehr weniger saurem Product der Talgdrüsen geprüft. Wenn nun aber gleichwohl in der Mehrzahl unserer Fälle schon von Anfang ab eine entschieden alkalische Reaction auftritt, so muss eben frischer, normaler Schweiss nur um so eher wirklich alkalisch reagiren, denn es hat ja derselbe vorerst die Säure des Hauttalges zu neutralisiren, um überhaupt selbst seine Gegenreaction zur Geltung bringen zu können.

Diese beiden, einander entgegenwirkenden Factoren einer Probe sind offenbar an Grösse sehr variabel.

Das Alkali des Schweisses ist sicher identisch mit jenem des Speichels, es stammen eben wohl beide durch fundamental gleiche Processe aus der alkalisch reagirenden Lymphe. Es liegt nahe an kohlensaures Natron zu denken. Ist es nun erlaubt, die von Heidenhain[2]) erst neulich noch an der gld. submaxillaris gefundenen Ergebnisse auch auf die Schweissdrüsen zu übertragen, so variirt nicht nur die Menge des Secrets, sondern auch dessen procentische Alkalinität mit der Stärke des gerade wirkenden Reizes. Zu Anfang und am Ende des Schwitzens steht somit aus mehr als einem Grunde die in der Zeiteinheit auf die Haut ergossene Alkalimenge am niedrigsten, erreicht dagegen in der Blüthe der Secretion entsprechend der grössern Zahl wirksamer Pilocarpinmoleküle ein Maximum. —

Ueber die Bedingungen der Talgsecretion fehlt uns bei dem gegenwärtigen Zustand unserer Kenntnisse noch jede thatsächliche Angabe; doch werden wir kaum fehlgehen, wenn wir Hyperämie der Haut sowie hohe Aussentemperatur als wesentlich begünstigende Momente vermuthen.

Nach solchen Betrachtungen gelangen wir nun aber zu einer äusserst einfachen Erklärung unserer sämmtlichen Befunde.

---

1) Wegen der gleichzeitigen Hyperämie der Haut.

2) Dieses Archiv XVII. pag. 3—12.

Dass die Alkalinität auch der schon von Anfang ab alkalisch reagirenden Secrete bald noch mehr zunimmt, ist nunmehr selbstverständlich. Aber auch ein Verständniss jener scheinbaren Ausnahmefälle mit anfänglich saurer Reaction liegt jetzt auf der Hand.

Bei etwas stärkerer Talgsecretion hat eben die geringe Alkalimenge der anfänglichen Schweisströpfchen zum Neutralisiren der Fettsäuren noch nicht genügt, erst durch eine nachfolgende, stärkere Secretion wird endlich auch hier die Reaction umschlagen.

In jenem Falle, wo die Reaction noch volle sieben Minuten sauer geblieben war, hatten wir im Protocoll einen heissen Sommernachmittag verzeichnet.

Jetzt ist weiter auf einmal auch verständlich, warum bei zweien unserer Fälle die Reaction am Ende des Schwitzens wieder sauer werden konnte, nachdem sie volle zwanzig Minuten alkalisch gewesen war; es waren dies eben Fälle, deren saures Initialstadium ja schon eine vermehrte Talgsecretion anzeigte. —

So einleuchtend solche Erklärung auch sein mochte, die Untersuchung einer von Talgdrüsen wirklich freien Hautgegend bot jetzt ein erhöhtes Interesse. Nach übereinstimmenden Angaben sämmtlicher Histologen sind nun vola und planta auch beim Menschen ein geeignetes Versuchsfeld; gerade so wie die entsprechenden Hautstücke der Katze entbehren auch sie der Talgdrüsen völlig.

Allein gleichwohl besitzen diese Hautbezirke des Menschen einen fettigen Ueberzug. Schon von Krause[1]) wurden Fettkrystalle aus dem Secret jener zuvor mit Aether gründlich gereinigten Stellen erhalten. Auch hier werden blaue, darüber hingeführte Lacmuspapierchen deutlich geröthet, geht also auch hier das Fett eine saure Zersetzung ein. Demnach scheinen hier wenigstens, vielleicht auch ganz allgemein die Schweissdrüsen unter bestimmten Bedingungen nach Art der Talgdrüsen zu functioniren[2]) — ein Verhalten, wofür jene im Bau ihnen durchaus gleichen Ohrenschmalzdrüsen ja schon seit Langem ein auffallendes Beispiel darboten. Voraussichtlich mag Mangel der Innervation hier eine Hauptrolle

1) Rud. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie II. pag. 146. 1844.

2) Vgl. Meissner in seinem Jahresbericht für Anatomie und Physiologie. 1856.

spielen [1]), es war zu erwarten, dass Einleiten eigentlicher Schweisssecretion diesen nebenherlaufenden (degenerativen) Process hemmen, jedenfalls im Erfolge überstimmen würde.

In der That, hat man die vola manus gründlich gereinigt, und injicirt in den ulnaren Handballen durch Einstich mit Pravaz-scher Spritze einige Tropfen einer concentrirten Lösung Pilocarpin, so tritt fast unmittelbar darauf local eine rasch ausgiebig werdende Secretion auf. Stets reagiren schon die ersten Tropfen stark alkalisch und bleibt diese Reaction bis zu Ende unverändert bestehen; was nicht ohne Belang, die Bläuung der rothen Papierchen ist hier gleich von Anbeginn an viel intensiver als je bei kräftigster Secretion der Gesichtshaut.

Damit dürfte unsere Eingangs aufgestellte Vermuthung zu voller Evidenz erwiesen sein: Gleichwie der Schweiss der Katze reagirt auch normaler menschlicher Schweiss stets alkalisch, seine angeblich saure Reaction leitet sich ab von saurer Beschaffenheit oder ranziger Zersetzung des Hauttalges [2]).

Näheres Detail der Versuche, eine Erweiterung derselben auf einige nächstliegende pathologische Fälle wird der Eine von uns demnächst in seiner Inauguraldissertation veröffentlichen.

---

1) Vgl. Henle, Handbuch der systematischen Anatomie des Menschen. II. Band. 1862.

2) Noch neulich erst ist L. Hermann (dieses Archiv XVII. 305) für den Frosch zu einem ähnlichen Resultate gelangt, indem auch diese Thiere zweierlei verschiedene Hautsecrete, ein saures und ein alkalisches besitzen, welche ebenfalls aus verschiedenen Drüsengattungen abstammen.

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Die Wirkungen von Muscarin und Atropin auf die Schweissdrüsen der Katze.

(Ein weiterer Beitrag zur Lehre vom doppelseitigen Antagonismus zweier Gifte.)

Von

D. Trümpy und **B. Luchsinger.**

In Band XV dieses Archivs hatte der Eine von uns Versuche mitgetheilt, welche in einfachster und eindeutigster Weise den alten Streit über den wechselseitigen Antagonismus zweier Gifte völlig entschieden. Wenn auch Atropin die Reizwirkung einer bestimmten Gabe Pilocarpin vollkommen zu lähmen vermag, so stellt gleichwohl eine noch grössere Menge von Pilocarpin die Erregbarkeit und Leistungsfähigkeit der Schweissdrüsen wieder her.

Seither hat Marmé[1]) Widerspruch erhoben, er gibt zwar zu, dass Atropin eine durch Pilocarpin hervorgerufene Schweisssecretion sistirt, konnte sich aber von einem doppelseitigen Antagonismus beider Gifte nicht überzeugen; — Grund genug, diesen so wichtigen Versuch nochmals aufzunehmen. Da jedoch nur der zweite Theil unseres Satzes — die Wiederherstellung der durch Atropin gelähmten Drüsenerregbarkeit mittelst Pilocarpin — streitig sein konnte, beschränkten wir unsere jetzigen Versuche auch ausschliesslich auf diesen Punkt. Dieselben haben uns ebenso positive Ergebnisse gebracht wie die früheren, sie wurden meist in Gegenwart mehrerer Augenzeugen ausgeführt, von welchen Herrn Professor Hermann zu nennen genügen möge.

---

1) Göttinger Nachrichten. 1878. Nr. 8.

Versuche [1].

Man durchschneide einer jungen Katze in Aether- oder Chloroformnarcose beide Hüftnerven, lege Ligaturen an ihre peripheren Stümpfe und bringe zur Ruhezeit dieselben zurück in die Tiefe der Wunde, schliesse diese selbst mit kleinen Klemmpincetten.

Von der Leistungsfähigkeit der Drüsen hat man sich ohne Weiteres schon durch das Schwitzen aller vier Pfoten beim Aufbinden des Thieres etc. überzeugen können. Nun injicire man 0,0015 gr Atropin. sulphuric. subcutan, unter die Rückenhaut z. B., und prüfe nach ca. 10—15 Min. auf das Schweissvermögen der Hinterpfoten. Häufig genügt nämlich schon diese, also nur die Hälfte der früher als minimal angegebenen Dose, um selbst stärkste tetanische Reizungen des Hüftnerven zur Auslösung weiteren Schwitzens unfähig zu machen. Ist diess ausnahmsweise einmal nicht der Fall, so befriedigt jedenfalls eine nochmalige gleich starke Injection vollkommen unsern Zweck.

Jetzt spritze man mit scharfer Kanüle ca. 0,5 ccm einer Lösung von 2 % Pilocarpin direct unter den Sohlenballen einer Hinterpfote; ist die Injection beendet, trage man Vorsicht, die Stichöffnung mit einer Fingerspitze für kurze Zeit wenigstens zuzudrücken, damit nicht etwa unter dem erhöhten Druck des Gewebes die injicirte Masse z. Th. wenigstens ausfliesse.

Nach Kurzem, schon binnen 3 Minuten sieht man nun regelmässig auf der Pilocarpinseite eine reichliche Menge kleiner Schweisströpfchen auftreten und wachsen dieselben mit der Zeit zu immer grösser werdenden Tropfen an. Die andere Seite dagegen zeigt fortdauernd keine Spur von Schweiss, selbst dann nicht, wenn mit stärksten tetanischen Strömen [2]) immer frische Nervenstrecken gereizt werden.

Das Atropin wirkt also jedenfalls auf der einen Seite noch in voller Stärke; wenn also auf der andern durch eine locale Gabe Pilocarpin sets ein deutlicher, oft sogar ein starker Schweissausbruch erfolgt, so muss eben jene local im Ueberschuss auftretende Menge des reizenden Giftes den lähmenden Stoff in seiner Wirkung wirklich aufzuheben im Stande sein, kann in der That sogar die auf Null gesunkene Erregbarkeit eines Organes trotz fortdauernder Gegenwart lähmender Stoffe durch reizende Mittel gleichwohl wiederum aufs Neue belebt werden.

---

1) Anstatt der ganzen Reihe unserer völlig übereinstimmenden Versuche sei auch hier nur ein einziger gleichsam als Muster nochmals vorgeführt.

2) Im primären Kreise befindet sich ein Daniell, die secundäre Rolle eines Schlittenapparates ist beinahe aufgeschoben.

Unsere Versuche sind in ihrer Ausführung so einfach und geben so sichere Resultate, dass man sie mit Fug als Vorlesungsversuche zur Demonstration eines wichtigen Princips empfehlen kann. —

Der Wunsch lag nahe, unsere gesicherte Erfahrung auch an andern Giften zu erproben. Wegen seiner dem Pilocarpin in so vielen andern Reziehungen nahverwandten Wirkungen schien uns Muscarin[1]) sehr geeignet zur Untersuchung.

Dasselbe wurde meist als Muscarinum sulphuric. angewandt.

In wenig Wasser gelöst und subcutan injicirt erregte auch Muscarin in der That gleichwie Pilocarpin mächtigen Schweiss auch auf der entnervten Pfote, erwies sich somit günstig zum Studium antagonistischer Giftwirkungen.

Die oben bei der Besprechung der Pilocarpinwirkung ausführlich mitgetheilte Versuchsanordnung bleibt natürlich hier vollkommen die gleiche. —

Ist ein Kätzchen mit genügender Atropinmenge vergiftet, sodass selbst stärkste Reizung der Nerven keine Secretion mehr erzwingt, so kehrt gleichwohl bald darauf die Erregbarkeit des Hüftnerven auf jener Seite wieder, wo eine locale Injection von Muscarin gemacht wurde; ja bald darauf — schon binnen 5 Minuten — erfolgt auch hier spontaner Schweissausbruch, während die Controlpfote die ganze Zeit über selbst auf die stärksten Reizungen der Schweissfasern jegliche Spur von Schweiss versagt. Damit kann es sich offenbar aber nicht etwa um eine allgemeine, rasche Entgiftung von Atropin handeln[2]); vielmehr hat die local so beträchtlich gesteigerte Menge des reizenden Mittels auch hier local die lähmende Wirkung des Atropin aufgehoben. —

Nähere Einzelheiten auch dieser Versuche wird der Eine von uns demnächst in seiner Inauguraldissertation mittheilen.

1) Vgl. Schmiedeberg und Koppe, Das Muscarin. 1869.

2) Man erinnere sich des von Rossbach frühern, ähnlichen Versuchen entgegengehaltenen Einwandes.

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Ueber den Astigmatismus des indirecten Sehens.

Von

Dr. **Max Peschel**
in Zürich.

In allen bisherigen Untersuchungen des indirecten Sehens wurde betreffs der räumlichen Wahrnehmungen nur die Sehschärfe geprüft und da die Abnahme der Deutlichkeit der Wahrnehmungen in der Peripherie des Gesichtsfeldes seinen Grund nicht sowohl in den Brechungsverhältnissen der Augenmedien, als in der Abnahme der Grösse der Empfindungskreise der Netzhaut hat, so war der Gegenstand der betreffenden Arbeiten nur die Leistung der Netzhaut, die des dioptrischen Apparates hingegen blieb ganz und gar von der Untersuchung ausgeschlossen.

Es stellt sich daher die Aufgabe, unter Elimination des Factors der Sehschärfe numerische Werthe für die Güte des dioptrischen Systems beim indirecten Sehen zu gewinnen. Diese Untersuchung, zu welcher ich durch Herrn Professor Hermann angeregt wurde, schliesst sich an die von demselben 1874 aufgestellten Theoreme über schiefen Durchgang von Strahlenbündeln durch Linsen[1]) an und sucht den Grad der Periscopie des gesammten dioptrischen Apparates des Auges empirisch festzustellen, um damit den Grad der Periscopie eines homogenen brechenden Mediums von der optischen Kraft des Auges zu vergleichen.

Die Beobachtungen wurden im physiologischen Laboratorium zu Zürich in folgender Art vorgenommen. Zunächst beschränkte Verfasser die Versuche auf sein linkes stark (6,6 Dioptrien)

---

1) L. Hermann, Ueber schiefen Durchgang von Strahlenbündeln durch Linsen und eine darauf bezügliche Eigenschaft der Krystalllinse. Gratulationsschrift an C. Ludwig, Zürich 1874; ein Auszug in Poggendorff's Annalen 1874, Bd. 153, p. 470.

myopisches Auge und hier wiederum auf den horizontalen Meridian. Da die Projection nach den Richtungslinien der Objecte geschieht, also nach Linien, welche von den einzelnen Objectpunkten durch den hintern Knotenpunkt gelegt zu denken sind, so handelte es sich darum, die für die Beobachtungsreihe anzuwendenden Objecte in der Horizontalebene diesen Richtungslinien entlang zu bewegen.

Mittelst des sinnreichen von Fick und J. J. Müller construirten Instrumentes zur graphischen Bestimmung des Augendrehpunktes [1]), welches im hiesigen Laboratorium entstanden zur Disposition stand, wurden bei, mittelst des Hering'schen Kopfhalters, fixirtem Kopfe auf einem mit Papier überzogenen horizontalen Zeichnenbrette die Orte der durch das Instrument bestimmten Projection des Hornhautscheitels und die projicirten Richtungen der Gesichtslinie bei verschiedenen Blickrichtungen bestimmt, woraus der auf die Papierebene projicirte wirkliche Ort des Drehpunktes des Auges construirt wurde. Der von diesem Drehpunkte etwa 6,3 mm weiter nach vorn liegende Punkt ist der projicirte Ort des hintern Knotenpunktes des Auges. Nun wurde ein auf diesen convergirendes Liniensystem auf der Papierebene von 5 zu 5 Grad fortschreitend construirt, nach rechts von der Nulllinie bis 35°, nach links bis 60°.

Als Object wählte ich eine Reihe von Systemen horizontaler und verticaler der Breite nach gleichmässig abgestufter schwarzer Parallellinien auf weissem Grunde, deren Interstitien je genau den Linien an Breite gleichkamen. Um des letztern Umstandes, sowie der Gleichmässigkeit der Systeme überhaupt sicher zu sein, wurden dieselben mikroskopisch untersucht und Linien wie Zwischenräume nach mikrometrischer Messung als übereinstimmend befunden. Die Begrenzung der Liniensysteme wurde, um Störung der Beurtheilung durch geradlinige Contours zu vermeiden, kreisförmig gewählt mit einem Durchmesser von 8 mm.

Die Beobachtungen wurden, um vergleichbare Resultate zu erhalten, in einem Dunkelraume bei stets gleicher Gasbeleuchtung angestellt, indem das auf dem Zeichnenbrette ruhende verschiebbare Stativ, welches die Objecte trug, mit der Gasflamme fest verbunden war. Die Objecte wurden genau in der Höhe des beobachtenden

---

1) J. J. Müller, Untersuchungen über den Drehpunkt des menschlichen Auges. Dissert. Zürich 1868.

Auges in einer auf die oben gezeichneten Radien genau senkrechten Ebene eingestellt und diesen entlang bewegt. Da die absolute Breite der als Objecte dienenden Horizontal- resp. Verticallinien für unsere Untersuchung nicht in Betracht kommt, so wurde für jeden Radius nur die Entfernung notirt, bis zu welcher das System der feinsten unter diesem Grade excentrischen Sehens sichtbaren horizontalen resp. verticalen Linien eben noch auflösbar erschien. Als Mittel vielfacher im Laufe von 5 Wochen unternommener Bestimmungen ergab sich folgendes Schema.

Tabelle 1.

Linkes Auge.

Incidenz-Winkel	Abstand von der vordern Hornhautfläche, in welcher eben noch auflösbar ist:			
	das horizontale System		das verticale System	
	links von der Nulllinie	rechts von der Nulllinie.	links von der Nulllinie	rechts von der Nulllinie
15°	(blinder Fleck)	148 mm	(blinder Fleck)	148 mm
20°	148 mm	148 „	144 mm	144 „
25°	148 „	148 „	139 „	139 „
30°	148 „	148 „	134 „	134 „
35°	148 „	148 „	129 „	129 „
40°	148 „	—	125 „	—
45°	148 „	—	122 „	—
50°	148 „	—	119 „	—
55°	148 „	—	117 „	—
60°	148 „	—	114 „	—

Aus dieser Beobachtungsreihe ergibt sich zunächst die auffallende Thatsache, dass für den horizontalen Meridian die horizontalen Liniensysteme bei verschiedenen Incidenzwinkeln in constante Entfernung einzustellen sind, damit ihr Bildpunkt in das Niveau der Netzhaut falle. Es ist fraglich, ob dies eine allgemein gültige oder eine vom individuellen Bau des Auges abhängige Thatsache ist. Dieselbe scheint wenigstens mit der ophthalmoskopisch in manchen Fällen zu constatirenden Abnahme der Refraction nach der Peripherie der Retina nicht übereinzustimmen. Die Frage nach der Deutung dieses Befundes erledigt sich einfach dahin, dass sich darin die Form der Netzhautschale manifestirt, welche in der Peripherie den brechenden Flächen sich mehr und mehr annähert.

Es stellt sich daher zunächst die Aufgabe, die sich aus der Constanten 148 mm ergebende Curve der Netzhaut im horizontalen Meridian des Auges zu berechnen. Wir benutzen hierzu, da eine

exacte Berechnung die vorgängige Lösung der ganzen hierhergehörigen Probleme schon voraussetzen würde, um zunächst eine erste Annäherung zu gewinnen, das reducirte Donders'sche Auge mit den Werthen $r = 5$ mm, $n = \frac{4}{3}$. Die Formel für Berechnung des hier in Frage kommenden 2ten Bildpunktes bei schiefer Incidenz eines unendlich dünnen Strahlenbündels auf eine sphärische brechende Fläche findet sich in dem oben citirten Werke des Herrn Prof. Hermann, nämlich [1]) $f_2 = \frac{n r}{n \cdot \cos\psi - \cos\varphi - \frac{r}{e}}$, wo φ den Incidenzwinkel, ψ den Brechungswinkel und e die Entfernung des leuchtenden Punktes vom Scheitelpunkte der Krümmungsfläche bedeutet. Da f_2 und e in einem ähnlichen Verhältnisse stehen, wie conjugirte Vereinigungsweiten [2]), so kann diese Formel direct angewandt werden, indem man mit e den gefundenen Objectabstand und mit f_2 den Ort, wo das abgebildete Object wahrgenommen wird, bezeichnet. Es ist übrigens e = 150 mm statt 148 mm zu setzen, da der Hauptpunkt des reducirten Auges etwa 2 mm hinter der Cornealoberfläche liegt. So ergeben sich folgende Werthe für f_2:

Tabelle 2.

Incidenzwinkel φ	Entfernung vom Hauptpunkte, in welcher das horizontale System sich abbildet
15°	21,595 mm
20°	21,118 „
25°	20,516 „
30°	19,802 „
35°	18,984 „
40°	18,077 „
45°	17,096 „
50°	16,057 „
55°	14,977 „
60°	13,876 „

Diese Werthe bestimmen offenbar als Polarcoordinaten vom Hauptpunkte des Auges aus als Pol gerechnet die Curve der Netzhautschale eines stark myopischen Auges.

Vergleichen wir nun diese Distanzen mit den entsprechenden an dem bekannten Durchschnitte des normalen menschlichen Auges,

1) Vgl. auch oben p. 447, Formel (1).

2) S. oben p. 448.

welcher nach Arlt'schen Präparaten von Dr. Elfinger gezeichnet worden ist, indem wir bei der 10fachen Vergrösserung dieses Durchschnitts den Hauptpunkt circa 21,5 mm hinter den Hornhautscheitel verlegen und die Radiusvectoren für die den Incidenzwinkeln entsprechenden Brechungswinkel durch Messung bestimmen und durch 10 dividiren, so erhalten wir auf der medialen Hälfte des bulbus folgende Werthe, denen wir die von Tabelle 2 an die Seite stellen.

Tabelle 3.

Incidenz-Winkel φ	Winkel des gebrochenen Bündels mit der Axe ψ	Länge des Vectors am Arlt-schen Auge mm	Länge des für mein Auge berechneten Vectors mm
15°	11°11′	20,34	21,595
20°	14°52′	20,05	21,118
25°	18°29′	19,72	20,516
30°	22° 1′	19,32	19,802
35°	25°29′	18,90	18,984
40°	28°49′	18,42	18,077
45°	32° 2′	17,95	17,096
50°	35° 4′	17,47	16,057
55°	37°54′	16,94	14,977
60°	40°30′	16,43	13,876

Construiren wir, um die Netzhautkrümmung des Arlt'schen normalen Auges sowie des myopischen Auges des Verfassers zu vergleichen, die den obigen Werthen entsprechenden Curven, so zeigt sich, dass beide den bekannten Unterschieden des resp. normalen und myopischen Auges Ausdruck geben. Die Tabelle 3 deutet auf grössere Axenlänge des stark myopischen Auges, sowie auf den tonnenförmigen Bau desselben. Ausserdem ersieht man, dass beide Netzhautcurven einen beiden gemeinsamen Punkt d. h. einen Durchschnittspunkt besitzen, welcher etwa dem Polarwinkel $\psi = 25^{0}\ 29'$ entspricht. Hierbei ist jedoch zu beachten, einerseits dass der Arlt'sche Durchschnitt hohen anatomischen, jedoch weniger optischen Werth haben dürfte, andererseits dass die gegebene Herleitung der Abweichung beider Curven aus der Refractionsdifferenz der beiden Augen nur eine relativ zulässige Erklärung ist. Da nämlich für schiefe Incidenz das für centrale Strahlen berechnete System der Cardinalpunkte des Auges durchaus nicht stricte gültig ist, so sind alle die von dem oben supponirten Hauptpunkte aus gemessenen und berechneten Vectorenlängen nur annäherungsweise richtig.

Halten wir ferner an der obigen Voraussetzung fest, dass der dioptrische Apparat durch eine einfache brechende Fläche repräsentirt sei, so haben wir nunmehr den Ort der verticalen Liniensysteme zu berechnen, von welchem aus dieselben unter den verschiedenen Incidenzwinkeln in der von uns durch Rechnung festgestellten Netzhautcurve ein scharfes Bild entwerfen würden. Da nämlich der Astigmatismus bei schiefer Incidenz für verschiedene Entfernungen des Objects abweichend vom Astigmatismus bei centralem Lichteinfall einen verschieden hohen Werth hat, so müssen wir, um den durch unsere Beobachtungsreihe für den Astigmatismus des indirecten Sehens gefundenen Werthen vergleichbare Zahlen zu erhalten, für das homogene Medium unter den gleichen Voraussetzungen die Rechnung ausführen. Wir verlegen also den Objectpunkt in die Netzhaut, deren Abstand vom Hauptpunkte mit zunehmender Schiefe der Incidenz abnimmt ganz wie Tabelle 2 angibt. Im Uebrigen ist $r = -5$, $n = {}^3/_4$, φ fortlaufend 15—60° zu setzen; ψ wird durch die Gleichung $\sin\psi = {}^3/_4 \sin\varphi$ bestimmt. Alsdann erhält man für den erforderlichen Abstand der verticalen Objecte nach der Formel (2), s. oben p. 447. Tabelle 4 enthält diese Werthe im 2. Stabe. Im 3. Stabe steht die durch Subtraction von 150 erhaltene Länge der „vorderen Brennstrecke“ (so kann man füglich die Differenz der Abstände eines verticalen und eines horizontalen Systems bezeichnen, die sich auf derselben Netzhautstelle abbilden). Endlich der vierte Stab enthält den empirischen Werth der vorderen Brennstrecke, die sich aus der Differenz der Werthe in Tabelle 1 ergiebt.

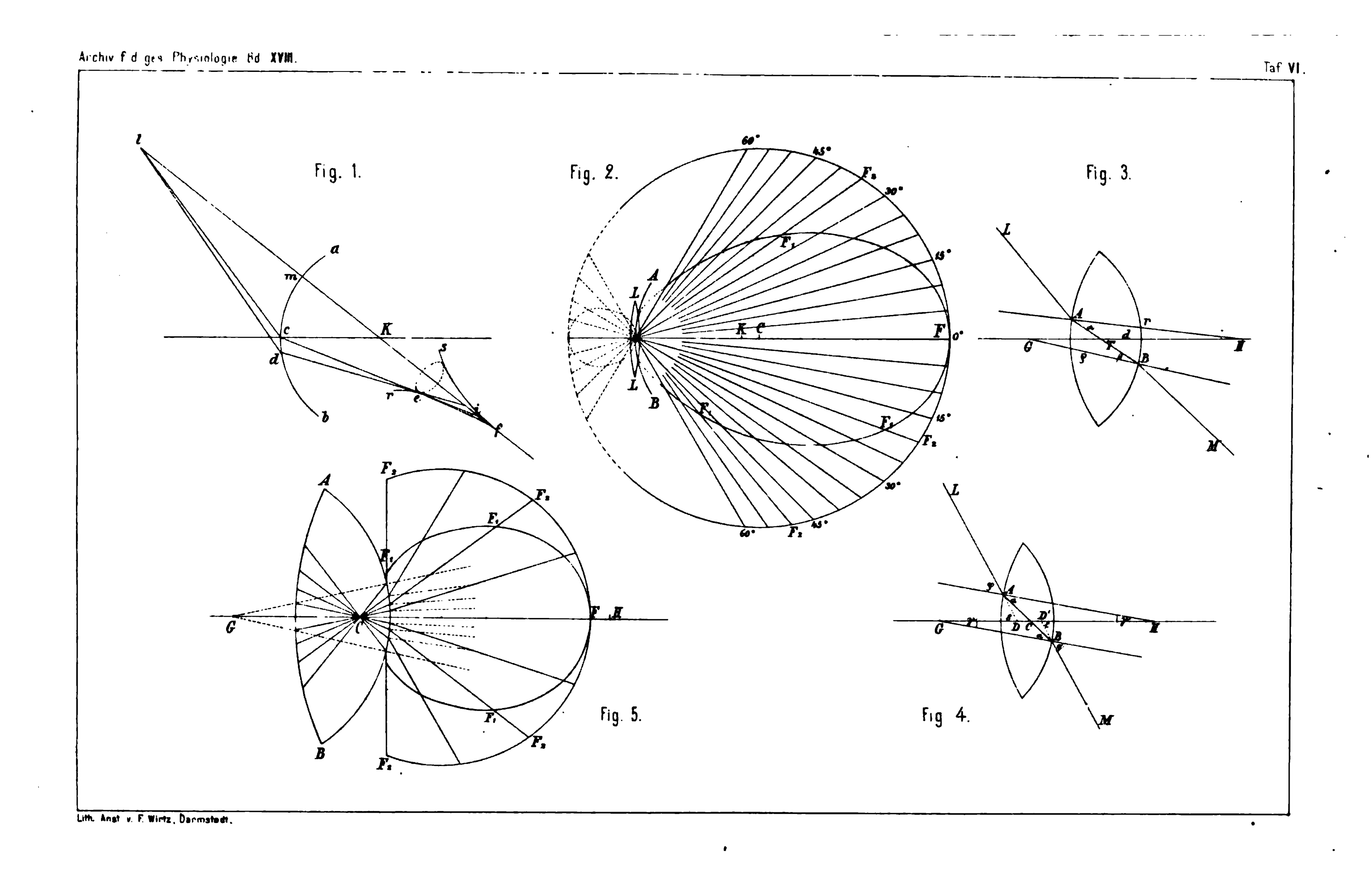
Tabelle 4.

Incidenz-Winkel φ	Erforderliche Entfernung der verticalen Objecte vom Hauptpunkte des reducirten Auges mm	Die vordere Brennstrecke des reducirten Auges würde also betragen mm	Dagegen beträgt dieselbe am wirklichen Auge (nach Tab. 1) nur mm
15°	103,747	46,253	0
20°	81,601	68,399	4
25°	62,247	87,753	9
30°	46,481	103,519	14
35°	34,124	115,876	19
40°	24,648	125,352	23
45°	17,482	132,518	26
50°	12,125	137,875	29
55°	8,170	141,830	31
60°	5,296	144,704	34

Man ersieht aus diesen Werthen, wie das Auge für das periphere Sehen vorzüglich befähigt ist, wie dasselbe im Vergleich mit einfachen brechenden Flächen einen ungemein hohen Grad von Periscopie besitzt, welcher durch die früheren Untersuchungen des Herrn Prof. Hermann bereits theoretisch erwiesen, durch diese Untersuchung nunmehr practisch bestimmt ist. Ein bündiger Ausdruck für die Güte der Bilder, welche der dioptrische Apparat des Auges einerseits und das homogene Medium andererseits bei schiefer Incidenz entwerfen, ist vor der Hand nicht anzugeben. Verfasser glaubt daher den Zweck vorliegender Arbeit mit der Angabe obiger Zahlenreihen als vorläufig erreicht ansehen zu dürfen.

Die Ursache übrigens der hochgradigen Verbesserung der peripher vom Auge entworfenen Bilder ist offenbar nur in der Schichtung der Krystalllinse wie überhaupt des ganzen dioptrischen Systems des Auges zu suchen. In dieser Schichtung sind nicht nur nach bisher unbekanntem Princip stattfindende gesetzmässige Aenderungen des Brechungsindex, sowie nach dem Centrum hin einfach zunehmende Krümmung der brechenden Flächen inbegriffen, sondern man dürfte auch mit Wahrscheinlichkeit die Hypothese aufstellen, dass derartige Aenderungen der Krümmung in den verschiedenen Meridianen der peripher gelegenen Theile der Niveauflächen der Indices stattfinden, dass dadurch der Grad des peripherischen Astigmatismus ausserordentlich herabgesetzt wird.

Verfasser behält sich vor, die Brechungsverhältnisse schief auffallender Strahlenbündel an Krystalllinsen sowie am ganzen dioptrischen Apparate ausgeschnittener Thieraugen im hiesigen Laboratorium direct zu bestimmen.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Versuche über das Verhalten von Nervencentren gegen äussere Reize.

Von

Dr. **R. Marchand,**

Assistenten am physiolog. Institut zu Halle a. d. S.

Hierzu Tafel VII, VIII, IX, X.

Die Wirkung der direkten Reizung von Centralorganen ist bisher noch wenig untersucht worden. Man hat meist auf den vorhandenen Nervenbahnen den Centralorganen Erregungen zugeführt und die eintretenden Reflexe unter verschiedenen Bedingungen beobachtet, wenn man auch in vielen Fällen eine directe Reizung von Centralorganen auf chemischem oder electrischem Wege ausgeführt hat. Im letzteren Falle hatte man aber mehr im Auge, die Function einzelner Abschnitte der Centralorgane festzustellen, als die allgemeinen Eigenschaften derselben zu ermitteln.

Will man ein Nervencentrum in Verbindung mit einem Organ, aus dessen Zuständen man auf Eigenschaften des Nervencentrums schliessen kann, dem Versuch unterwerfen, so eignet sich unter allen Organen der Amphibien, welche Centra in sich enthalten, das Herz hierzu gewiss am meisten, da die in ihm gelegenen Centra äusseren Eingriffen gegenüber relativ leicht zugänglich sind. Es war daher meine Absicht, im Anschluss an die von Eckhard[1]) und H. Munk[2]) gemachten Versuche einer direkten Reizung der Ventrikelganglien das Verhalten dieser und womöglich auch anderer Centralorgane unter dem Einfluss verschiedenartiger

1) Eckhard, Beiträge II, S. 144. III, S. 119.

2) H. Munk, Tagebl. der 36. Naturf.-Vers. zu Speyer, 1861 S. 46. Verh. d. physiol. Ges. z. Berlin, 25. II. 1876.

Reize, verschieden auch an Dauer und Intensität, näher zu untersuchen.

Ich möchte es hier besonders hervorheben, dass ich keineswegs glaube, etwas vollständiges oder fertiges über den Gegenstand zu bringen; ich wünschte vielmehr, dass die folgenden Beobachtungen nur als ein Versuch angesehen würden, der Lösung der bezeichneten Aufgabe näher zu kommen.

Es ist bekannt, dass der Ventrikel des Froschherzens, der durch einen Schnitt über der Grenze gegen die Atrien von diesen abgetrennt worden ist, ein in seinem Verhalten wesentlich verschiedenes Präparat darstellt von demjenigen, welches man erhält, wenn man von dem Ventrikel noch etwa das obere Drittel entfernt, der sogenannten „Herzspitze". Es kann ferner kein Zweifel darüber sein, dass Unterschiede zwischen beiden Präparaten, wenn man zunächst vom Bulbus aorticus absieht, nur durch das Vorhandensein oder Fehlen der nahe der Grenze des Ventrikels gelegenen centralen Apparate, d. h. also der Ganglien nebst den dort befindlichen Nervenfasern, bedingt sein können, die, soweit bis jetzt bekannt, den einzigen wesentlichen morphologischen Bestandtheil darstellen, durch den sich beide Präparate von einander unterscheiden. Man wird demnach, wenn man gewisse Reize auf diese beiden Präparate einwirken lässt, aus dem Unterschiede in dem Verhalten derselben auf Eigenschaften der bezeichneten nervösen Bestandtheile Schlüsse machen können.

Es sollten nun in den folgenden Versuchen Reize auf die genannten Gebilde möglichst direkt einwirken. Es war daher nöthig, die Reize möglichst zu localisiren; namentlich war es in Versuchen, bei denen sehr grosse Intensitäten der (electrischen) Reize erforderlich waren, nothwendig, die Reize möglichst direkt die Gegend der Ganglien treffen zu lassen, um sie nicht abzuschwächen. Es konnte daher das zu den Versuchen dienende Präparat nur das aus dem Körper entfernte blutleere Herz sein, dagegen das mit Blut oder anderen Flüssigkeiten gefüllte, resp. mit einem künstlichen Kreislauf versehene Herz, welches über das Verhalten des Gesammtorgans unter verschiedenartigen Bedingungen so viele Aufschlüsse gegeben hat, hier nicht angewendet werden.

A. Versuche am Froschherzen.

I. Versuche mit mechanischer Reizung.

Das Ergebniss der Versuche über mechanische Reizung der an der Grenze des Ventrikels gegen die Atrien gelegenen Ganglien lautet dahin, dass man durch dieselbe Reihen von Pulsationen des Ventrikels erhält, die nach H. Munk's Angabe[1]) „in zunehmenden Intervallen" erfolgen. Wie schon die direkte Beobachtung zeigt, noch besser aber durch Aufschreiben der so erhaltenen Pulse auf die rotirende Trommel mittelst des unten zu beschreibenden Apparates anschaulich gemacht werden kann, vergeht zwischen der ersten und zweiten Contraction meist eine merklich längere Zeit als zwischen den zunächst folgenden Contractionen.

Entfernt man den oberen Theil des Ventrikels durch einen Schnitt, so kann man an dem nun von den Ganglien befreiten Präparat durch einmalige mechanische Reizung keine derartigen Reihen von Pulsationen mehr erhalten. Es antworteten diese Präparate auf die Reizung in meinen Versuchen stets nur mit einer Contraction.

Es war nach diesen Erfahrungen zu vermuthen, dass sich auch Reizen anderer Art gegenüber ähnliche Unterschiede zwischen den beiden Präparaten herausstellen würden. Ich ging daher zunächst zur Anwendung chemischer Reize über. Die Application derselben ist ihrer Natur nach eine dauernde, während der mechanische Reiz zunächst in einer sehr schnell vorübergehenden Einwirkung bestand.

II. Versuche mit chemischer Reizung.

Ich wählte von den zahlreichen Stoffen, die man hier auf ihre Wirkungsweise prüfen kann, einzelne Alkalien und Säuren aus. Von den ersteren habe ich Versuche mit Ammoniak und mit Kalihydrat, von den letzteren besonders mit Salzsäure angestellt.

Die zu diesen Versuchen angewendeten Präparate — es gilt dies auch für die unten folgenden Versuche mit Temperaturänderung und electrischer Reizung — wurden so hergestellt, dass an dem aus dem Frosch herausgenommenen Herzen der Ventrikel durch einen nahe über der Grenze desselben durch die Atrien ge-

1) S. H. Munk a. a. O.

führten Schnitt abgetrennt wurde. Bisweilen habe ich den Bulbus aorticus mittelst einer feinen Scheere aus dem Ventrikel herausgeschnitten und die Reste des Atrium sorgfältig zu entfernen gesucht, um ein Präparat zu erhalten, das möglichst aus dem Ventrikel allein bestand; indessen kann man doch kaum die Atrien und das Septum atriorum vollständig entfernen, ohne die Ventrikelganglien mechanisch zu verletzen. Auch bei der Entfernung des Bulbus kommt man denselben so nahe, dass man sie leicht mechanisch reizt. Derartige Präparate zeigen dann eine hervorragende Neigung zu scheinbar spontanen Pulsationen und lassen sich aus diesem Grunde weniger gut zu den Versuchen verwenden. Es kommen indessen auch Präparate vor, die, ohne dass eine derartige Verletzung vorgekommen wäre, in grösseren Zwischenräumen einzelne „spontane" Pulse ausführen. Solche Präparate lassen sich meist trotzdem zu den Versuchen verwenden, da die durch die Reizungen hervorgerufenen Pulsationsphänomene so charakteristisch sind, dass sie durch einzelne voraufgegangene Spontanpulse nicht merklich getrübt werden. Die Präparate mit oder ohne Bulbus, mit oder ohne Reste der Atrien scheinen sich übrigens so gleichartig zu verhalten, dass ich von diesen ziemlich schwierigen Präparationen meist Abstand genommen habe.

Brachte ich das Präparat mit seiner oberen Fläche, also mit der Atrioventricularöffnung, über eine wässrige Lösung von Ammoniak, die fast concentrirt war, so traten schon bei einiger Entfernung von der Flüssigkeit Contractionen auf, die auch einige Zeit fortdauerten, wenn die Flüssigkeit weggenommen wurde. Dieselben Contractionen erhielt ich, wenn ich auf dieselbe Stelle ein wenig sehr verdünnte Ammoniak-Lösung brachte. Als Unterlage für das Präparat diente in diesem Falle ein Korkstück, in dessen oberer lackirter Fläche sich ein von zwei schiefen Wänden begrenzter Ausschnitt befand. Ich legte das Präparat so auf eine der schrägen Flächen, dass die Atrioventricularöffnung nach oben gerichtet war. Auf diese legte ich ein Bäuschchen von Fliesspapier, wenige Millimeter lang und ein bis zwei Millimeter breit, das mit der zu untersuchenden Lösung getränkt war. Das Präparat wurde dann mit einer gläsernen Halbkugel bedeckt, die als feuchte Kammer diente.

Gleich nachdem das mit der verdünnten Ammoniak-Lösung getränkte Bäuschchen auf die Atrioventricularöffnung gebracht

worden war, begannen heftige und schnelle Contractionen, die indessen bald aufhörten. Es zeigte sich, dass jetzt schon der obere Theil des Ventrikels starr geworden war. Dasselbe erfolgte auch sehr bald, wenn man ein Präparat mittelst einer durch seine äusserste Spitze gestossenen feinen Nadel aufhing und nun starke Ammoniaklösung unter die unten befindliche Atrioventricularöffnung brachte: Die anfangs deutlichen Contractionen wurden rasch fast unsichtbar klein und bald trat Starrwerden der Ventrikelmasse ein.

Beide Versuchsmethoden gaben mit der Herzspitze in 7 Versuchen mit 7 frischen Präparaten von z. Th. sehr erregbaren Fröschen, die Ende September eingefangen waren, übereinstimmend das Resultat, dass das Präparat sehr bald unerregbar und starr wurde, ohne dass Contractionen eingetreten wären. Auch eine sehr verdünnte Lösung von Ammoniak zeigte sich unwirksam.

Eine einprocentige Lösung von Kalium-Hydroxyd bewirkte, auf die Atrioventricularöffnung des Ventrikels gebracht, Reihen von Pulsationen, während die Herzspitze, deren Querschnitt in die Lösung getaucht wurde, in 5 Versuchen sich ruhig verhielt, in 8 Versuchen durch die Lösung zu einer bis vier Contractionen angeregt wurde. Die sämmtlichen hier verwendeten Präparate stammten von Fröschen, die im September eingefangen waren. Eine grössere Anzahl von Contractionen wurde von der Herzspitze nicht erhalten, wahrscheinlich weil der Querschnitt durch die stark alkalische Lösung zu schnell ertödtet wird. Legte man einen neuen Querschnitt an, so konnte man beim Eintauchen desselben abermals einzelne Contractionen beobachten. Im Ganzen wirkte die Lösung weniger verderblich als das Ammoniak.

Eine Lösung von 1 Vol. käuflicher reiner Salzsäure in 60 Vol. aq. destill. versetzte den Ventrikel, auf dessen Atrioventricularöffnung sie im Fliesspapierbäuschchen gebracht wurde, in heftige Contractionen. Noch stärker wirkte eine Lösung von 1 Vol. Salzsäure auf 30 Vol. aq. destill. Die Contractionen dauerten stets längere Zeit fort. Dieselben Lösungen in derselben Weise auf den Querschnitt der Herzspitze gebracht, zeigten sich unwirksam; indessen habe ich beim Eintauchen des Querschnitts frischer Herzspitzen von sehr erregbaren Fröschen (vom September) in die Lösung von 1 Vol. : 30 Vol. in einem Falle 3, in einem anderen 2 Contractionen erhalten. Der Theil des Präparates, welcher mit

der Lösung in direkter Berührung gewesen war, wurde sehr bald starr.

Es geht aus allen den beschriebenen Versuchen hervor, dass mannichfache chemische Reize, auf die Ganglien des Ventrikels gebracht, Reihen von Pulsationen desselben hervorrufen, — besonders mache ich auf die Wirksamkeit des Ammoniaks aufmerksam, welches ja vom motorischen Nerven aus den Muskel nicht zur Zuckung bringt — während die Herzspitze sich durch die hier angewendeten starken chemischen Reize entweder gar nicht in Contraction versetzen liess oder doch nur eine oder einige wenige Zuckungen lieferte.

Anmerkung. Bei J. Schiffer, de gasorum quorundam in cordis actionem efficacitate, diss. inaug. Berlin 1863, finden sich einige von Rosenthal angestellte Versuche erwähnt, die mit den meinigen Aehnlichkeit haben. R. hatte gefunden, dass HCl und NaHO das „Herz ohne Sinus" erregten, concentrirte Lösung von NaCl vom Querschnitt des Ventrikels allein Contractionen hervorriefen. Aether und Chloroform waren wirkungslos. Schiffer giebt an, dass das NaCl nicht erregend wirke, wenn der Querschnitt der Spitze zu nahe sei und fügt hinzu, dass das Herz ohne Sinus durch 2procentige NH_3-Lösung erregt wird und dass diese Lösung auf den Ventrikelquerschnitt nicht wirkt. Ebenso verhalte sich eine Milchsäurelösung von 5 Tropfen auf 25 ccm aq. dest.

III. Versuche mit Temperaturänderung.

Ich fasse unter dieser Ueberschrift Versuche zusammen, bei denen die Wirkung einer allmäligen oder einer plötzlichen Aenderung der Temperatur des Präparates beobachtet wurde. Das Ventrikelpräparat wurde bei diesen Versuchen mit der der Atrioventriculargrenze benachbarten Parthie in ein Gefäss mit 0,75-procentiger Na Cl-Lösung von bestimmter Temperatur eingetaucht. Von dem Einfluss der Kochsalzlösung selbst, die ja durchaus keine dem Herzpräparat gegenüber indifferente Flüssigkeit ist[1]), wurde dabei zunächst abgesehen. Ich hätte Froschserum zu den Versuchen verwendet, wenn mir dasselbe in genügenden Mengen zu Gebote gestanden hätte. Indessen ist die Versuchsbedingung, welche durch die Na Cl-Lösung eingeführt ist, constant, und wenn auch die Veränderungen, welche dieselbe hervorbringt, während der Versuche fortschreiten, so sind dieselben doch gegenüber den starken Einwirkungen von Seiten der Temperaturänderungen zu vernachlässigen,

1) S. Merunowicz, Arb. a. d. physiol. Inst. z. Leipzig 1875, S. 148.

was daraus hervorgeht, dass eine mehrmalige Wiederholung des Versuches fast dieselben Resultate ergab (s. u.).

Das Ventrikelpräparat — es bestand aus dem ganzen Ventrikel mit Bulbus, oder aus dem ersteren allein — war mittelst einer feinen Nadel, die die Spitze des Präparates durchbohrte, an einer geeigneten einfachen Vorrichtung aufgehängt, welche gestattete, das Präparat aus der Lösung herauszuheben und wieder ebenso tief als vorher, nämlich etwa 3—4 mm, in dieselbe einzutauchen. Das Schälchen, welches die Kochsalzlösung enthielt, stand auf einem Wasserbade. In der Lösung, ganz nahe dem Herzpräparat, befand sich das Quecksilbergefäss eines feinen Thermometers, an dem die Temperatur der Lösung abgelesen werden konnte. Ein daneben stehendes Gefäss, welches 0,75-procentige Kochsalzlösung von Zimmertemperatur enthielt, wurde zur Wiederabkühlung des Präparates benutzt. Ich bezeichne das letztere Gefäss als „kaltes Bad“ im Gegensatz zum ersteren, dem „warmen Bade“. In das kalte Bad tauchte ebenfalls ein Thermometer ein. Das Präparat nahm, soweit es eintauchte, jedenfalls sehr bald die Temperatur der Flüssigkeit an.

Die Erscheinungen, welche man bei der Erwärmung erhält, sind verschieden, je nachdem das Präparat schon vor der Erwärmung pulsirte oder in Ruhe war, verschieden ferner, je nachdem die Erwärmung eine plötzliche oder eine allmälige war. Bestanden schon Contractionen, so zeigte es sich, dass diese bei der Erwärmung, mochte sie nun plötzlich oder allmälig geschehen, eine Beschleunigung erfuhren, die um so grösser wurde, je mehr die Temperatur anstieg. Bestanden keine Contractionen, so traten dieselben bei plötzlicher Steigerung der Temperatur um eine gewisse, individuell verschiedene Grösse auf; bei allmäliger Erwärmung war das Verhalten ein sehr verschiedenartiges: Einige Präparate starben bei einer gewissen Höhe der Temperatur ab, fast ohne dass überhaupt Pulsationen aufgetreten waren (s. Vers. I, 7), andere begannen zu pulsiren, wenn die Temperatursteigerung einen gewissen Grad erreicht hatte, und es trat bei weiterer Erwärmung eine fortdauernde Beschleunigung ein. Bei hohen Temperaturen (zwischen 35 und 42°) kamen die Präparate zum Stillstand[1]).

1) Vgl. E. Cyon, über den Einfluss der Temperaturänderungen auf Zahl, Dauer und Stärke der Herzschläge. Berichte üb. d. Verh. d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wissensch. 1866. S. 258, 271.

Durch Abkühlung auf eine beträchtlich niedrigere Temperatur werden die Contractionen, wenn schon höhere Temperaturen eingewirkt hatten, meist zum Aufhören gebracht, während sie bei neuer Erwärmung wieder auftreten. Eine solche Beruhigung und Wiedererweckung der Pulsationen habe ich häufig beobachtet. Zuweilen kam es jedoch vor, dass die Präparate im kalten Bade fortpulsirten, namentlich wenn sie noch keinen sehr hohen Temperaturen ausgesetzt gewesen waren.

Man kann ferner eine andere Erscheinung an den Präparaten beobachten, die einer Ermüdung und Erholung ähnlich ist. Hat man nämlich das Präparat auf eine beträchtliche Temperatur, etwa 40°, erwärmt, so nehmen die Pulsationen, die Anfangs mit grosser Heftigkeit und äusserst rasch hintereinander erfolgten, allmälich ab, werden kleiner und langsamer und das Präparat kommt endlich zur Ruhe. Lässt man das Präparat bei derselben Temperatur in der Flüssigkeit hängen, so treten keine Contractionen wieder auf. Bringt man es jetzt in das kalte Bad, so stellen sich bisweilen schon von selbst hier wieder Pulsationen ein, immer treten dieselben jedoch auf, wenn man das Präparat nun von neuem erwärmt, falls dasselbe noch nicht durch allzustarke Erwärmung unerregbar geworden war.

In Bezug auf die Thätigkeit, welche bei der Erwärmung eintritt, ist es die Frage, ob die constante höhere Temperatur den vollständigen Ventrikel zu Pulsationen veranlassen kann, oder ob es im wesentlichen nur die Aenderung der Temperatur ist, welche erregend wirkt. Die erste Frage lässt sich nach den widersprechenden Resultaten der Versuche mit allmäliger Erwärmung (s. z. B. Vers. 7 u. 9, neben 16 u. 19b) nicht entscheiden. Jedenfalls ist die Wirkung der allmäligen Erwärmung beim ruhenden Präparat nicht vorherzusagen. Starke und sehr plötzliche Steigerungen der Temperatur wirken dagegen sicher erregend auf das die Ganglien enthaltende Ventrikelpräparat, während an der Herzspitze weder durch allmälige noch durch plötzliche Erwärmung sich jemals Contractionen erhalten liessen, trotzdem die Präparate eine unverminderte Erregbarkeit gegen mechanische Reize zeigten.

I. Versuche mit allmäliger Erwärmung.

7) 2. August 1877. Mittelgrosser Ventrikel. Steht still.

Zeit	Temp. der Lösung	Verhalten des Präparates
11 h 40'	26° C.	Präparat bleibt in Ruhe.
43'	30 "	
45,5'	36 "	
50'	42 "	
52'	45 "	
57'	49 "	
57,2'	50 "	

Das Präparat wird herausgehoben. Dabei beginnen einige leichte Contractionen. Die Oberfläche, soweit sie eingetaucht war, erscheint starr.

9) 30. Juli 1877. Ventrikel. Steht still.

Zeit	Temp. der Lösung	Verhalten des Präparates
12 h 30'	28° C.	Präparat bleibt in Ruhe
38'	33 "	
39,5'	36 "	
41,5'	40 "	
45'	45 "	
47'	48 "	4 Contractionen m. langen Pausen. Präparat herausgehoben. Nochmaliges Eintauchen unwirksam.

21) 22. Febr. 1878. Ventrikel. Bulbus fast ganz entfernt. Präparat steht still. Die Erwärmung hat nur ganz vereinzelte Contractionen zur Folge. Beginn derselben bei 30,2°.

Zeit	Temp. der Lösung	Verhalten des Präparates
11 h 40'	20,8° C.	Präparat bleibt in Ruhe
45'	21 "	
46'	21,7 "	
48'	23 "	
50,5'	25 "	
53,5'	28 "	
55,5'	30 "	
—	30,2 "	1 Contraction
—	30,4 "	1 C. [1]).
56,5'	31 "	
57,5'	31,8 "	1 C.
59'	33 "	
59,2'	33,4 "	1 C.

1) C. = Contraction.

Zeit	Temp. der Lösung	Verhalten des Präparates
12 h 0'	34 ° C.	1 C.
1'	35 „	
1,5'	35,5 „	1 C.
2'	36 „	
3'	36,3 „	1 C.
3,5'	37 „	1 C
4,5'	38 „	Ruhe.
6'	39 „	
8'	41 „	

16) 24. Jan. 1878. Mittelgrosser Ventrikel. Bulbus vollständig entfernt. Präp. steht still. Beginn von Contractionen bei 33°. Stillstand bei 41°. Wiederbeginn bei Abkühlung. Unerregbarkeit der Herzspitze.

Zeit	Temp. der Lösung	Verhalten des Präparates
4 h 0'	16,8° C.	Präparat ruht.
5'	16,8 „	
7'	21 „	
9'	25,6 „	
10'	28,5 „	
12'	33 „	Beginn einzelner Pulse. Dann Ruhe.
13'	36 „	Schnelle Pulsationen
13,5'	38 „	Dauern langsamer fort.
14,5'	41 „	Präp. steht still. Wird herausgenommen und in's kalte Bad getaucht.
Kaltes Bad	14 „	Einzelne Contractionen.
4 h 22'		Lebhafte Pulse mit Pausen.
55		Anhaltende Pulsation.

Abtragung des oberen Drittels vom Ventrikel. Präp. steht still. Ist mechanisch erregbar. Wird allmählich erwärmt.

4 h 58'	18 ° C.	Präp. bleibt ruhig.
3 h 0'	24,5 „	
2'	35,5 „	
4'	40 „	

19 b) 26. Januar 1878. Grosser Ventrikel. Bulbus nicht vollständig entfernt. Es ist mit demselben Präparat schon Versuch 19 a angestellt (s. u.) Präp. steht still. Beginn von Contractionen bei 15°. Stillstand bei 36°. Wiederbeginn bei Abkühlung nach längerer Pause. Contractionen alle drei Minuten gezählt.

Zeit	Temp. der Lösung	Verhalten des Präparates
11 h 22'	12,7° C.	Ruhe.
23'	12,8 „	

Zeit	Temp. der Lösung	Verhalten des Präparates
11 h 24'	13 ° C.	Ruhe.
25'	13,5 „	
26'	14,4 „	
26,5'	15 „	Beginn der Contract. 8 C. in $^1/_2$ Min. halten an.
28'	16,6 „	
29'	18 „	
30'	19,5 „	12 C. in $^1/_2$ Min.
31'	21 „	
32'	22,5 „	
33'	24,5 „	21 C. in $^1/_2$ Min.
34'	26 „	
35'	28 „	
36'	30 „	23 C. in $^1/_2$ Min. werden kleiner.
37'	31,5 „	
38'	33 „	
39'	34,5 „	Unregelmässige kleine Contractionen.
40'	36 „	Stillstand.
Präparat wird ins kalte Bad getaucht.		
1 h 15'	15,4° C.	Ruhe.
3	13,3 „	Präp. pulsirt.

20) 21. Februar 1878. Grosser Ventrikel ohne Bulbus. Beginn der Contractionen bei 20,6° C.

Zeit	Temp. der Lösung	Verhalten des Präparates
1 h 0'	19,8° C.	Ruhe.
1,5'	20,6 „	1 C.
	21 „	1 C.
2'	21,7 „	1 C.
	22 „	1 C.
3'	22,7 „	
	23,1 „	1 C.
	23,3 „	1 C.
	23,5 „	1 C. Werden häufiger.
4'	24 „	5 C. in je $^1/_2$ Min.
5,5'	26 „	10 C. in $^1/_2$ Min.
6'	27 „	
7'	28 „	13 C. in $^1/_2$ Min.
9'	30 „	15 C. in $^1/_2$ Min.
13'	34,5 „	Herz herausgehoben.

17) 25. Januar 1878. Grosser Ventrikel. Bulbus vollständig entfernt. Auf die Präparation folgen einzelne Contractionen, die im kalten Bade fortdauern. Zwischen 33 und 35° C. Stillstand. Wiederbeginn im kalten Bade.

Zeit	Bad	Temp.	Verhalten des Präparates
	K.B.[1]	13,2° C.	Einzelne C.
11 h 17′	W. B.	16,5 „	9 C. in je 1 Min.
18′		18,5 „	8 C. in $^1/_2$ Min.
20′		22 „	9 C. „ $^1/_2$ „
22′		24,5 „	11 C. „ $^1/_2$ „
24′		27,5 „	15 C. „ $^1/_2$ „
26′		30,3 „	18 C. „ $^1/_2$ „
28′		32,7 „	22 C. „ $^1/_2$ „
31′		35 „	Stillstand nachdem die Contractionen immer schwächer geworden. Herz herausgehoben.
	K. B.	13,7 „	Ruhe
52′			Einzelne C. 5 in je $^1/_2$ Min.
12 h 30′			4 C. in $^1/_2$ Min.

13) 25. Januar 1878. Ventrikel ohne Bulbus. Stillstand bei 42°. Wiederbeginn bei Abkühlung.

Zeit	Bad	Temp.	Verhalten des Präparates
3 h 55′	K. B.	14 ° C.	Einzelne C.
4 h 8′	W. B.	16 „	4 C. in $^1/_2$ Min.
10′		21,6 „	12 C. in $^1/_2$ Min.
12′		27 „	21 C. in $^1/_2$ Min.
14′		36 „	26 C. in $^1/_2$ Min.
15′		40 „	Schnelle kleine C.
		42 „	Stillstand.
	K. B.	13,8 „	4 C. in $^1/_2$ Min.

II. Versuche mit plötzlicher Erwärmung.

14) 23. Januar 1878. Grosser Ventrikel. Bulbus entfernt. Es folgen einige Contractionen. Dann steht das Präp. still. Beginn der Contractionen bei 29° C. (Differenz des W. B. gegen das K. B. = 13° C.) Es erfolgt bald wieder Stillstand, indem jedesmal die Contractionen nur kurze Zeit anhalten, wenn das Präp. ins W. B. gebracht wird, nachdem es wieder abgekühlt war.

Zeit	Bad	Temp.	Verhalten des Präparates
3 h 0′	K. B.	16° C.	Präp. bleibt ruhig.
12′	W. B.	21 „	
14′	K. B.	16 „	
16′	W. B.	24 „	
17′	K. B.	16 „	

1) K. B. = Kaltes Bad. W. B. = Warmes Bad.

Zeit	Bad	Temp.	Verhalten des Präparates
3 h 20′	W. B.	26 ° C.	Präp. bleibt ruhig.
21′	K. B.	16 „	
23′	W. B.	29 „	1 C. dann Ruhe.
25′	K. B.	16 „	Ruhe
27′	W. B	32 „	9 C. in ½ Min. Dann Ruhe.
28′	K. B.	16 „	Ruhe.
30′	W. B.	34 „	10″ Ruhe, dann 16 C. in 40″ dann Ruhe.
32′	K. B.	16,7 „	Ruhe.
40′	W. B.	38 „	Gleich 57 C. in 1 Min., dann Ruhe.
47′	K. B.	16,5 „	Ruhe.
	W. B.	41 „	31 C. in 45″ unregelmässig, verschieden gross und verschieden rasch. Dann Ruhe.
	K. B.	16,5 „	Ruhe.
51′	W. B.	41 „	29 Contr. in 40″ dann Ruhe.
	K. B.	16,5 „	Ruhe.
53′	W. B.	42 „	Schnelle C. gleich nach dem Eintauchen.
	K. B.	16,5 „	Ruhe.
4 h 0′	Abtrennung des oberen Drittels vom Ventrikel. Herzspitze steht still. Ist mechanisch erregbar. Eingehängt ins:		
	K. B.	16,5 ° C.	Ruhe.
	W. B.	41,5 „	

19a) 26. Januar 1878. Grosser Ventrikel ohne Bulbus, der indessen nicht ganz vollständig entfernt ist. Präp. steht still. Contractionen beginnen schon bei 14,5° (Diff. gegen das k. B. = 2,5° !)

Zeit	Bad.	Temp.	Verhalten des Präparats
10 h 0′	K. B.	11,5—12° C.	Ruhe.
20′	W. B.	14,5° C.	Gleich nach Eintauchen beginnen Contractionen 4 in je 1 Min.
	K. B.	12,2° „	Ruhe.
26′	W. B.	14,4° „	Nach 1 Min. 1 C. bei 14,8°. Dann je 2 C. in ½ Min.
37′	K. B.	12,5° „	Je 2 C. in 1 Min. allmälig beschleunigt auf je 5 C. in 1 Min.
40′		12,8° „	„ 5 C. „ 1 „
43′		13° „	„ 6 C. „ 1 „
49′		13,3° „	„ 6 C. „ 1 „
51′	W. B.	20,3° „	Gleich je 20 C. in 1 Min.

Zeit	Bad	Temp.	Verhalten des Präparates
10 h 52,5'	K. B.	13,5° C.	je 7 C. in 1 Min.
57'		13,5° „	„ 6 C. „ 1 „
11 h 11'		13,9° „	„ 8 C. „ 1 „
12'	W.B.	30° „	„ 68 C. „ 1 „ anfangs schneller werdend; allmählich langsamer.
20'	K. B.	14,5° „	Ruhe.

15) 24. Januar 1878. Ventrikel (Bulbus vollständig entfernt). Steht still. Dann spontane Pulse. Stillstand bei anhaltender Erwärmung auf hohe Temperaturen. Wiederbeginn der Contractionen nach der Abkühlung. Unerregbarkeit der Herzspitze.

Zeit	Bad	Temp.	Verhalten des Präparates
11 h 8'	K. B.	14,7° C.	Ruhe.
		15° „	C. beginnen, je 6 in 1 Min.
25'	W. B.	21° „	je 21 C. in 1 Min.
	K. B.	15,3° „	Ruhe. Dann einzelne C.
37'	W. B.	23° „	je 19 C. in 1 Min.
	K. B.	15,8° „	„ 8 C. „ 1 „
52'	W. B.	39,2° „	„ 66 C. „ 1 „
	K. B.	15,9° „	Ruhe.
57'	W. B.	37,2° „ Temp. sinkt.	Schnelle C. werden langsamer und schwächer.
12 h 0'		36,2° C.	Ruhe.
	K. B.	15,9° „	Ruhe.
6'	W. B.	34° „	1 Min. lang C., dann Ruhe.
	K. B.	15,9° „	Ruhe.
11'	W. B.	33° „	Contractionen. Bald Ruhe.
Oberes Drittel des Ventrikels abgetrennt; Herzspitze, mechanisch gut erregbar, eingetaucht.			
	K. B.	15,9° C.	Ruhe.
20'	W. B.	34,5° C.	Ruhe.

24) 26. September 1878. Ventrikel mit Bulbus. Letzteres pulsirt spontan ohne den Ventrikel.

Stillstand bei anhaltender starker Erwärmung. Wiederauftreten der Ventrikelpulsationen nach Abkühlung.

Zeit	Bad	Temp.	Verhalten des Präparates
12 h 46'	K. B.	19,3° C.	Ruhe.
48'			Es beginnen C. je 5 in 1 Min.
51'	W. B.	41° „	Ganz rasche unregelmässige C.

Zeit	Bad	Temp.	Verhalten des Präparates
	K. B.	19.8° C.	Ruhe. Dann je 29 C. in 1 Min.
12 h 57'	W. B.	40,5° „	10 C. in 9". Dann Ruhe. Dann einige peristaltische C. Dann bleibende Ruhe.
59'	K. B.	20° „	Ruhe.
1 h 0'	W. B	39,5° „	42 rasche C. Dann Ruhe.
2'	K. B.	20° „	Ruhe.
3'	W. B.	39,2° „	34 C. in ½ Min. Erst langsam, dann rasch, dann wieder langsam. Endlich Ruhe.

Mit ganz frischen Herzspitzen wurden mehrere Versuche mit plötzlicher Erwärmung angestellt. Einmal wurde eine solche mit dem Querschnitt in Wasser von 55° C. getaucht, ohne dass Contraction eintrat, zweimal wurden plötzliche Erwärmungen von 18° bis auf 40° vorgenommen durch Eintauchen in 0,75 procentige NaCl-Lösung, ohne dass irgend welche Contraction zu bemerken war.

IV. Versuche mit electrischer Reizung.

Es ist bekannt, dass durch den constanten Strom eben sowohl der unverletzte Ventrikel als die Herzspitze in Reihen von Pulsationen versetzt werden können. Ich habe von dieser Reizungsart deshalb abgesehen und mich auf die Untersuchung der Wirkung einzelner Inductionsschläge beschränkt.

Ich ging bei der Anwendung dieser Reize von dem Gedanken aus, ob man nicht durch electrische Reize, die eine fast momentane Einwirkung darstellen, vielleicht ebenso eine Reihe von Pulsationen erhalten könne, wie es bei der Anwendung des einmaligen mechanischen Reizes geschieht. Ich verfuhr daher anfangs folgendermassen:

Ich legte ein Froschherz, welches durch Abtrennung des Sinus zum Stillstande gebracht worden war, so auf ein paar Electrodendrähte, dass die Atrioventriculargrenze gerade auf diesen ruhte. Die Drähte waren mit der secundären Spirale eines grösseren Schlitteninductoriums verbunden, durch dessen primäre Spirale der Strom zweier Daniell'scher Elemente geschickt werden konnte. Die Schliessung und Oeffnung des primären Kreises geschah mittelst

einer Pohl'schen Wippe. Es stellte sich heraus, dass von einem Rollenabstande von 130 mm an durch Oeffnung des Stromes mit Sicherheit eine Contraction ausgelöst wurde. Dasselbe trat bei allen Abständen zwischen 130 und 40 mm ein, bei einem Rollenabstand von 40 mm folgten jedoch mehrere Contractionen auf die Oeffnung des Stromes. Dasselbe geschah bei allen geringeren Abständen. Zugleich zeigte es sich, dass die Zahl der Contractionen zunahm mit abnehmendem Rollenabstande. Das Herz wurde nun so verschoben, dass die Atrien, dann so, dass der Ventrikel auf den Electroden lag. In beiden Fällen war bei allen Rollenabständen die Oeffnung des Stromes nur von einer Contraction gefolgt. Das durch Trennung des Ventrikels im oberen Drittel erhaltene, als „Herzspitze" bekannte Präparat antwortete auf Reize von jeder Intensität nur mit einer Zuckung. Diesen Versuch wiederholte ich mehrmals mit demselben Erfolg.

Lag die Atrioventriculargrenze mit ihrer Mitte auf einer Electrode auf, die bis auf die Spitze isolirt war und wurde die andere Electrode auf die Mitte der Grenze mit der Hand vorsichtig aufgesetzt, so konnten bei grösseren Stromstärken Reihen von 30 und mehr Pulsationen erhalten werden; und an diesen zeigte sich schon, dass nach dem ersten Puls eine kurze Pause eintrat, dann die Pulse erst rasch, dann langsamer auf einander folgten, bis endlich wieder Ruhe eintrat. Im Ganzen ging aus diesen Versuchen hervor, dass die Eigenschaft, auf eine einmalige starke Reizung durch einen Inductionsschlag Reihen von Pulsen zu geben, wenn man vom Bulbus aorticus absieht, von dem Vorhandensein des oberen Abschnittes des Ventrikels und speziell namentlich der Umgebung der Atrioventricularöffnung, des Ortes also, wo die Ventrikelganglien liegen, abhängig war. Ich habe nun den Versuch gemacht, diese Erscheinung, die Aufschlüsse über die Eigenschaften der genannten Ganglien zu geben versprach, näher zu untersuchen und mich dabei folgender Methode bedient:

Meine Absicht war es erstens, die Reizung womöglich nicht auf ausserhalb des Ventrikels etwa gelegene erregbare nervöse Apparate auszudehnen, den Ventrikel also möglichst zu isoliren, zweitens aber dies Präparat durch einen Inductionsschlag von bestimmter und willkürlich veränderlicher Intensität zu reizen und festzustellen, welche Abhängigkeit zwischen Intensität des Reizes und Erregung der Ganglien bestände.

Das benutzte Präparat war ebenso wie in den schon beschrie-

benen Versuchen der Ventrikel des Froschherzens, der in manchen Fällen noch mit dem Bulbus in Verbindung war und bisweilen auch noch mit Resten der Atrien zusammenhing. Ob dies der Fall war, ist in den Versuchen angegeben. Die Reizungselectroden wurden stets so angebracht, dass möglichst dichte Ströme durch die Ventrikularganglien gehen mussten.

Dabei war jedoch zu berücksichtigen, dass man den Ganglien selbst nicht zu nahe kam, da man durch mechanische Reizung oder Läsion derselben das Resultat des Versuches vereitelt haben würde. Die Electroden — es dienten zwei feine Stahlnadeln als solche — wurden daher etwa an der Grenze des oberen gegen das mittlere Drittel der Vorderfläche des Ventrikels eingestossen. Die feinen zuführenden Drähte waren an sie angelöthet. Fig. 1 Tafel VII giebt die Anordnung des Präparates, welches senkrecht an den Electrodennadeln aufgehängt war — sie dienten also zugleich als Träger desselben — und an einem feinen Häkchen, das die Spitze des Präparates durchbohrte, mittelst eines dünnen Fadens den sehr leichten Hebel des noch zu beschreibenden Apparates trug. Es bezeichnet B den Bulbus aorticus, der hart am Ansatz der Aorten von diesen getrennt ist, V den Ventrikel, AVF deutet die Atrioventricularfurche mit Resten der Atrien an. G bezeichnet ungefähr die Stelle der Ventricularganglien, n_1 n_2 sind die Querschnitte der Electrodennadeln. Man sieht, dass sie etwas mehr nach dem linken Rande des Präparates hin eingesenkt sind, entsprechend der Lage der Ganglien. h ist das Häkchen, welches am Faden den Hebel trägt. Wurde der Bulbus abgetrennt, so geschah dies durch einen in der Richtung xx geführten Schnitt. Das Präparat verträgt alle die Verletzungen, welche durch das Abtragen der Atrien resp. auch des Bulbus, das Einsenken der Nadeln und des Häkchens bedingt sind, ausgezeichnet, wenn sie mit Vorsicht und mit Hülfe einiger zweckmässigen Handgriffe ausgeführt werden und bleibt nun im gesättigt feuchten Raume viele Stunden lang erregbar. Sehr wesentlich für das Gelingen der Versuche ist die Berücksichtigung der Stromdichten in dem Präparat. Entfernt man sich mit den Electroden zu weit von den Ganglien, so erhält man auch bei sehr starken Strömen nicht die gewünschten Resultate. Bei unserer Anordnung liegen die Linien stärkster Ströme unterhalb der bezeichneten Gegend. Indessen sind die die Ganglien durchfliessenden Ströme noch von ausreichender Stärke.

Anmerkung. Ich habe beiläufig einige Versuche an derartigen Präparaten über die Ausbreitung der Ströme in denselben angestellt. Behandelt man nämlich das Präparat mit sehr starken Oeffnungsinductionsschlägen, z. B. von 6 grossen Bunsen'schen Elementen und einem grösseren Inductionsapparat, so zeigt sich, dass diese das Präparat tödten, indem sie einen eigenthümlichen Zustand von Starre erzeugen. Der Ventrikel erscheint nun gleichsam auf's höchste contrahirt, fest und weisslich. Besonders stark ist die Veränderung in der Nähe der Elektroden, während die Spitze bisweilen erregbar bleibt. Bei genauerer Besichtigung findet sich in der Umgebung jeder Elektrode ein nahezu elliptisch begränzter, abgeflachter, etwas trichterförmig nach der Elektrode hin eingesunkener Hof von starr gewordener Muskelsubstanz. Die Grenzlinien dieser Höfe, deren Durchmesser wenige mm beträgt — ich habe sie in der Figur 1, Taf. VII durch punktirte Linien angedeutet, die Höfe selbst sind schraffirt — stellen offenbar die Durchschnittslinien iso-electrischer Flächen gegen die Oberfläche des Präparates dar. Sie bezeichnen die Linien derjenigen Dichten, die eben noch ausreichten, die Muskelsubstanz in den Zustand der Starre überzuführen.

Um die Contractionen des Präparates aufzuschreiben, diente mir ein besonderer sehr einfacher Apparat, dessen wesentliche Bestandtheile eine kleine feuchte Kammer, bestimmt das Präparat aufzunehmen, und ein Hebel sind, der durch das Präparat bewegt wird. Der Apparat ist in der unteren Hälfte der Fig. 2 Taf. VII etwas verkleinert abgebildet. Der ganze Apparat ruht auf 3 Stellschrauben. Eine feste Messingsäule sa_1 von 22 cm Höhe trägt an einer zweiten Messingsäule sa_2, senkrecht verschiebbar, drehbar und durch eine Druckschraube festzustellen, den Hebel h, der überdiess mittelst einer Mikrometerschraube sr_2 in horizontaler Richtung bewegt und so an die rotirende Trommel angelegt werden kann. Der Hebel selbst besteht aus einem feinen Kupferdraht, der an seinem Ende, welches sehr dünn gehämmert und hier also leicht federnd biegsam ist, durch eine Schraube sr_1 festgeklemmt ist. Man erreicht so einen ganz unveränderlichen Befestigungspunkt neben einer sehr leichten Beweglichkeit. Meist wird es nöthig, ihn durch ein Papierreiterchen r zu belasten. Einige Centimeter von seinem Befestigungspunkt ist ein feiner Seidenfaden F durch ein Häkchen an ihm befestigt. Es ist derselbe, welcher das Präparat Pr mit dem Hebel verbindet. Ueber dem Hebel befindet sich an derselben Messingsäule, in senkrechter und horizontaler Richtung verschiebbar, die feuchte Kammer K, die allseitig geschlossen werden kann. Feuchte Kammer und Hebel lassen sich im Ganzen in senkrechter Richtung um eine Strecke von 30 cm verschieben, so dass man dem Hebel

dem rotirenden Cylinder gegenüber eine beliebige Höhe geben kann, ohne den ganzen Apparat aus seiner Lage zu bringen. Die Hinterwand der Kammer besteht aus einer Messingplatte; diese ist bedeckt von einer Hartgummiplatte, diese von einer Korkplatte. In die letztere werden die Elektrodennadeln eingesteckt, welche das Präparat tragen. Es wird so eine hinreichende Isolirung der Nadeln erreicht. Ein prismatisches Korkstückchen, durch das die Nadeln vor dem Einsenken in das Präparat gesteckt werden, hält sie in dem gehörigen Abstande von einander — etwa 5 mm — fest.

Um Inductionsschläge von bestimmter Intensität zu erhalten, mussten Schliessungsschläge verwendet werden. Es war nothwendig, dass die Schliessung stets gleichförmig vor sich ging und dies wurde erreicht durch einen Wagner'schen Hammer H, dessen horizontaler Arm, der durch einen starken rechtwinklig nach unten gebogenen Kupferdraht d mit Platinspitze verlängert worden war, in ein Näpfchen Hg mit chemisch reinem Quecksilber stets mit derselben Geschwindigkeit und zur selben Tiefe eintauchte, wenn der Elektromagnet den Anker anzog. Behufs der Reinhaltung des Quecksilbers wurde der Apparat mit einem Glaskästchen bedeckt. Es wurde erreicht, dass trotz des sehr starken Stromes, der von 6 grossen Bunsen'schen Elementen, hintereinander verbunden, KB, geliefert wurde, die Schliessung ganz ohne sichtbaren Funken zu Stande kam. Die Schliessung wurde bewirkt durch den Strom von 3 Daniell'schen Elementen KD, der mittelst einer Wippe W_2 durch den Electromagneten des Hammers geschickt werden konnte. Der zu schliessende Strom des primären Kreises gelangte von der Kette zu einer Wippe W_1, von dieser durch den horizontalen Arm des Hammers in das Quecksilbernäpfchen, das mit dem einen Ende der primären Spirale S_1 in Verbindung stand. Von dem andern Ende der Spirale ging er zur Kette zurück. In den Kreis der secundären Spirale S_2 war ein Schlüssel Sch als Nebenschliessung eingeschaltet. Sollte nun der Schlag dem Präparate zugeführt werden, so wurde der letztgenannte Vorreiberschlüssel geöffnet, die Wippe im primären Kreise umgeworfen und durch Umwerfen der Wippe im Kreise des Elektromagneten bewirkt, dass der Anker angezogen und so der primäre Kreis geschlossen wurde. Hiermit erfolgte die Reizung. Es wurde gleich darauf der Schlüssel wieder geschlossen, die Wippe im primären Kreise zurückgelegt, (hier also kam die Oeffnung zu Stande) und endlich der Kreis

des Electromagneten wieder geöffnet. Der Kymographiontrommel wurde eine Umdrehungszeit von 3—4 Minuten ertheilt und zur genaueren Controlle unter der von dem Herzen gezeichneten Curve eine Zeitcurve mit Hülfe eines Wagner'schen Hammers aufgeschrieben, dessen Stromkreis durch ein Sekunden schlagendes Metronom alle 2 Secunden in bekannter Weise geschlossen wurde.

Das benutzte Schlitteninductorium war, mit den Drähten gefüllt, nach bekannter Methode mit Hülfe der Spiegeltangentenbussole graduirt worden. Wurde die Intensität des Inductionsstromes bei einem Rollenabstand von 0 mm = 100 gesetzt, so ergab sich für einen Abstand von

10	mm	Intensität	97,0
20	„	„	89,5
30	„	„	77,5
40	„	„	64,0
50	„	„	50,0
60	„	„	36,5
70	„	„	25,0
80	„	„	16,75 u. s. w.

Ich setzte nun Intensität 100,0 = 8; dann fand sich 50,0 = 4; 25,0 = 2. Es ergab sich also für Intensität (I) = 8 ein Rollenabstand von 0 mm, für I = 6 ein Rollenabstand von etwas mehr als 30 mm, für I = 4, 50 mm, für I = 2, 70 mm, für I = 1 etwa 86 mm. Diese Intensitäten wurden meistens so angewendet, dass ich von Intensität 1 bis 8 anstieg und wieder bis 1 zurückging, auch bisweilen öfters mit derselben Intensität reizte. Die absoluten Grössen der angewandten Intensitäten sind ziemlich bedeutend; sie verhalten sich zu den gewöhnlich zu Reizungen benutzten, d. h. wenn man ein Daniell mit der primären Spirale verbindet, für einen Rollenabstand von 86 mm, wie 1 : 7 etwa, so dass ich also zu der 56fachen Intensität gewöhnlich benutzter Schliessungsschläge ansteigen konnte.

Fasse ich nun das Resultat aller Versuche zusammen, so ist es folgendes: Auf eine einmalige Reizung durch einen Inductionsschlag von genügender Stärke, welcher die Gegend der Ventricularganglien trifft, erfolgen mehrere Contractionen des Ventrikels, die in ganz bestimmter Weise angeordnet sind.

Auf die erste Contraction folgt eine gewisse Pause: dann treten 1 bis mehrere Pulsationen auf, die bei schwächeren Reizen

sich in relativ grossen Zeitabständen befinden, bei stärkeren einander erst schneller, dann langsamer folgen und zwar anfangs um so rascher, je stärker der Reiz war. Diese Form der Pulsfolge ist um so ausgeprägter, je stärker die Reize waren, besonders deutlich ist sie bei starken Oeffnungsschlägen, die ich aus oben bezeichneten Gründen nicht benutzen konnte. Es muss übrigens hervorgehoben werden, dass bei Präparaten, die zu spontanen Pulsen neigen, nach dem Aufhören dieser gruppenartigen Pulsationen keineswegs völlige Ruhe eintritt, sondern, dass in grösseren Zwischenräumen oft noch einzelne Pulse auftreten. Indessen ist das Ende der durch den Reiz hervorgerufenen Pulsgruppe fast immer sehr deutlich markirt, indem nun eine viel längere Pause eintritt, als sie zwischen je zweien der letzten Pulse bestand. Oft fehlen übrigens nach der Beendigung der Pulsgruppe alle weiteren Pulsationen, wie z. B. in dem unten folgenden Versuchsbeispiel IX. Es wurden stets alle Pulse aufgeschrieben, die das Herz überhaupt in der Zeit vom Anfang bis zum Ende des Versuches ausführte, indem ich die Trommel continuirlich rotiren liess und nach jedem Umgange die senkrechte Verschiebung derselben ausführte. Ausser den genannten Eigenthümlichkeiten in der Form ihrer zeitlichen Folge zeigten die einzelnen Pulse fast immer eine deutliche Zunahme an Höhe innerhalb jeder Gruppe von Pulsen, sie stellten also eine sog. „Treppe" dar. Besonders diejenigen Contractionen, welche sich sehr rasch folgen, also im Anfang der Gruppe nach sehr starken Reizen sind fast immer bedeutend niedriger als die auf sie folgenden langsameren. Bei den stärksten Reizen wird daher meist das treppenförmige Ansteigen der Contractionen am deutlichsten.

Werden die Versuche allzu oft wiederholt, so werden die Pulse schliesslich sehr klein und es findet wohl überhaupt keine mehrfache Pulsation mehr statt.

Die Zahl der Pulse und die Zeitdauer jeder Pulspruppe nehmen zu mit wachsender Reizstärke, wie dies die nachfolgenden Tabellen ergeben. Trägt man die Zahl der Pulse und die Dauer jeder Pulsgruppe als Ordinaten auf die Abscisse der Reizstärken auf, so erhält man eine mit diesen ansteigende und wieder absinkende Curve. Einmal war dies Ansteigen sogar fast gleichmässig, so dass einem gleichen Reizzuwachs ein fast gleicher Zuwachs an Zeit und Zahl von Pulsen entsprach (S. Taf. IX, Vers. VII). Doch

kamen in anderen Versuchen erhebliche Abweichungen vor, wie dies die beigefügte Curventafel ergibt. Auf Tafel IX ist die Zeitdauer der Gruppen für jeden Versuch in dieser Weise construirt.

Die Curven, welche für die Pulszahlen erhalten werden, sind den hier gegebenen für jeden Versuch sehr ähnlich. Die Zahlen der Pulse sind für dieselben Versuche auf der unten folgenden Tabelle zusammengestellt.

Die absteigenden Aeste der Curven, welche den abnehmenden Reizstärken entsprechen, sind den aufsteigenden meist ziemlich symmetrisch, wenn auch erhebliche Abweichungen vorkommen. Besonders regelmässig sind z. B. die Curven V, VII und XXVI. Manche Curven zeigen noch eine theilweise Symmetrie, wie III und XI. In einzelnen Fällen zeigte sich ein derartiges Verhalten, dass bei zunehmender Reizstärke Pulsationsdauer (und Pulszahl) sank, wie bei II für Ri 1,2 [1]), XXIV, 4,6 oder bei abnehmender Reizstärke beide anderen Grössen stiegen, wie bei XIX 8,7 und bei XIII 4,3. Bei XXII 8,7 sank die Pulszahl mit der Reizstärke, während die Zeit der Pulsation anstieg.

Will man ein genaues Bild des Verlaufes der Pulsation nach jedem einzelnen Reiz gewinnen, so kann man für kleine Zeitabschnitte die in dieselben fallende Anzahl von Pulsen als Ordinaten über der Abscisse der Zeiten construiren, wie dies auf Tafel VIII für 2 Gruppen geschehen ist, die bei den stärksten Reizen (Ri = 8, Vers. VII und VIII) erhalten wurden [2]). Man sieht, dass bei einem gleich starken Reiz der Verlauf der Pulse bei Vers. VII ein dauernd verlangsamter war, während Vers. VIII eine erst etwas beschleunigte, dann verlangsamte Pulsfolge zeigt.

Als Beispiel für die Form der Pulsgruppen im Verlauf eines Versuchs gebe ich auf Tafel X Fig. I die Gruppen des Versuchs XIII vom 27. Juni 1878, die sich durch ihre Regelmässigkeit auszeichnen. Hier stiegen die Reize von 60 mm Rollenabstand (Ri = 3) durch Ri = 4, 6, 7, 8 an (s. Curve 1—5) und wieder durch Ri = 7, 6, 4 ab (s. die folgenden Curven). Bei der Wiederholung von Ri = 3 kam eine Störung vor; diese Curve fehlt deshalb. Die unter den Curven befindliche Zeitschreibung markirt je 2 Secunden.

1) Mit Ri bezeichne ich die Reizintensität.

2) Die Ordinaten stellen hier die auf je 10'' fallende Zahl von Pulsen dar.

Nähere Betrachtung der Ergebnisse.

Der Grundversuch, von dem ich ausging, ist der, dass der ganze Ventrikel bei einer gewissen Reizstärke auf einmalige Reizung durch einen Inductionsschlag eine Reihe von Pulsen gibt, während von der Herzspitze stets nur eine Pulsation erhalten werden kann. Ohne weiter auf den Grund der „Rhythmik" bei diesem Vorgange einzugehen, kann man im Allgemeinen aussagen, dass die Dauer der Erregung, welche durch den Reiz ausgelöst wurde, gemessen wird durch die Dauer der Thätigkeit des Ventrikels. Sie würde sich also erstrecken vom Reizmoment bis zum Beginn des letzten Pulses, welchen Zeitpunkt sie unter Umständen etwas überdauern mag. Es ergibt sich also, dass ein einmaliger sehr kurz dauernder Reiz von genügender Stärke eine dauernde Erregung bei diesem Präparat auslöst und dass die Dauer dieser Erregung für jedes Präparat eine bestimmte vielleicht sehr complicirte Funktion der Reizstärke darstellt. Denn an einen Reiz von bestimmter Stärke ist stets eine Erregung von fast ganz bestimmter Dauer geknüpft, wie besonders die Versuche mit mehrmals nach einander angewendeten gleichen Reizen beweisen (s. die Versuchsbeispiele). Die Dauer der Erregung wächst mit der Reizstärke (natürlich innerhalb der beobachteten Gränzen). Ueber die Intensität der Erregung in jedem Momente derselben lässt sich nur wenig aussagen. Einer grösseren Zahl von Pulsen in der Zeiteinheit entspricht sicher auch eine stärkere Erregung. Indessen ist es nicht bekannt, ob die mittlere Grösse der Erregung der Pulszahl in der Zeiteinheit proportional ist. Jedenfalls ist die mittlere Grösse der Erregung in der Zeiteinheit eine Funktion der Pulszahl während dieser Zeit, die sich in gleichem Sinne mit dieser ändert. Die Intensität der Erregung nimmt also im Ganzen während der Dauer derselben fortwährend ab. Liesse sich die Intensität der Erregung als Funktion der Pulszahl in der Zeiteinheit für jeden Punkt der Abscisse, welche die Dauer der Erregung darstellt, construiren, so würde sich eine Curve ergeben, die mit der Abscisse zusammen eine Fläche einschliesst, welche die Gesammtintensität der Erregung, nämlich das Integral aus allen Intensitäten der Erregung während der Dauer derselben, darstellen würde. Diese Gesammtintensität nimmt zu mit der Reizstärke.

Diese Betrachtung ergibt, dass man wohl über die Dauer,

nicht aber über die Gesammtintensität der Erregung etwas Genaueres aussagen kann.

Ob die Höhe der Pulse, die ja beim Herzen wesentlich durch den Zustand des Muskels bedingt zu sein scheint [1]), in Beziehung zu der Grösse der Erregung derjenigen Apparate steht, um die es sich hier handelt, ist unbekannt. Ich habe sie deshalb bei obiger Betrachtung nicht berücksichtigt. Dass die Höhen der Pulse im Verlauf einer jeden Gruppe anwachsen, ist schon oben bemerkt worden.

Es ist jetzt noch nöthig, die Eigenthümlichkeiten des Muskels, namentlich seinen Ermüdungszustand, sowie auch den Ermüdungszustand der in den Versuchen direkt erregten nervösen Apparate in Kürze zu berücksichtigen.

Werden die Versuche an ein und demselben Präparat allzulange fortgesetzt, oder werden allzustarke Reize angewendet, so tritt Ermüdung ein. Die Contractionen nehmen sehr bedeutend an Höhe ab; schliesslich tritt zuweilen völliger Stillstand des Ventrikels ein, während der über den Electrodennadeln gelegene Theil nebst Bulbus und Atrienresten, wo sie vorhanden sind, fortpulsirt. Es lässt dies darauf schliessen, dass der Ventrikel, soweit er die Last des Hebels zu tragen hatte, ermüdet ist, während die über dem Aufhängungspunkt gelegenen Herztheile, die keine Last zu heben hatten, noch functionsfähig sind. Diese Ermüdung des Muskels tritt erst sehr spät ein, so dass sie in Versuchen, die gleich nach der Präparation angestellt werden, noch unmerklich ist. Reizte ich das Präparat in der in den Versuchen angegebenen Weise mit den von 1 bis 8 ansteigenden Reizstärken, wobei dieselbe Pause von 1 bis 2 Minuten [2]) zwischen jeder letzten Zuckung und folgenden Reizung lag, so war doch meist bei dem absteigenden Theil des Versuchs noch keine Ermüdung merklich; selbst wenn nun noch mehrmals nach einander mit der höchsten Reizstärke gereizt wurde, zeigte die Zahl der Pulse und die Dauer der Pulsgruppe keine merkliche Abnahme (s. die Versuchsbeispiele). Das nicht sehr erregbare Präparat von Versuch XVIII wurde 11 Mal mit höchster Intensität gereizt und doch war die Abnahme in der

1) S. Kronecker, Das charakterist. Merkmal der Herzmuskelbewegung. Beitr. als Festgabe für C. Ludwig, S. CLXXIII.

2) Diese Pausen sind in den späteren Versuchen sehr regelmässig eingehalten.

Grösse der Erregung eine relativ geringe. Die Höhe der Pulse hatte in diesem Falle zwischen erster und letzter Reizung sogar eine Zunahme auf das Doppelte erfahren. Es geht hieraus hervor, dass man von der Ermüdung aller hier in Thätigkeit gesetzten Apparate nahezu absehen kann.

Veränderungen in der Erregbarkeit kommen allerdings vor. Bald steigt dieselbe, bald nimmt sie ab während des Versuches, wie man aus den Verschiedenheiten im aufsteigenden und absteigenden Theil der auf Tafel IX wiedergegebenen Curven schliessen kann und worauf schon oben hingewiesen wurde.

Es ist nöthig, jetzt noch auf eine Erscheinung einzugehen, die, obwohl sie bei jedem Versuche vorkommt, doch in ziemlich unregelmässiger Weise auftritt und wohl eine complicirte Ursache haben mag. Es ist die als „Latenzzeit" zu bezeichnende Pause zwischen der ersten und zweiten auf die Reizung folgenden Contraction. Die erste Contraction, welche eintritt, ist jedenfalls eine Muskelcontraction durch direkte Reizung. Es folgt dies einfach daraus, dass schon viel schwächere Reize, als die hier angewendeten den Herzmuskel (die Herzspitze) direkt erregen. Diese Contraction tritt, wenn das Präparat noch Bulbus und Atrien enthielt, bei starken Reizen stets an allen Herzabschnitten gleichzeitig ein, während dann bald der eine, bald der andere Abschnitt mit den folgenden Pulsationen beginnt. Die auf die erste Contraction des Ventrikels folgende Pause ist von sehr verschiedener Dauer. Stets aber hält sie mehrere Secunden an. Ihre Länge wechselt innerhalb der in jedem Versuch vorkommenden Gruppen ziemlich regellos ab, ohne dass man also eine besondere Beziehung zur Stärke des Reizes, der Ermüdung des Präparats oder anderen Einflüssen herausfinden könnte. Ihre absolute Dauer betrug bei der grössten Reizintensität (Ri = 8) zwei bis fünf Secunden[1]). Ihre Dauer muss übrigens immer betrachtet werden im Vergleich zu der Zeit, die zwischen je zweien der nächstfolgenden Pulse vergeht. Denn dadurch tritt erst das Eigenthümliche der Erscheinung hervor.

Wenn z. B. in einem Versuche diese Latenzzeit 7 Secunden dauerte, so war dies nicht auffallend, da zwischen den überhaupt

1) Der eigentliche Werth der Latenzzeit, wie er hier angegeben ist, wird, wie die obige Erörterung es ergibt, dargestellt durch die Zeit der Pause zwischen der ersten und zweiten Contraction plus der Dauer der ersten Contraction, also durch die ganze Zeit vom Moment der Reizung bis zum Beginn der zweiten Pulsation.

nur vorhandenen zwei folgenden Pulsen eine Pause von 6 Secunden liegt. Wenn dagegen in Versuch 4 auf Tafel X Fig. 1 bei Ri = 7 zwischen erstem und zweitem Pulse eine Zeit von 3,5 Sekunden verfliesst, während in den nächsten 3,5 Sekunden sich 3 Pulse folgen und nur sehr allmählich sich die Pulsation wieder verlangsamt, so dass erst nach 15 Pulsen das Intervall 3 Secunden beträgt, so wird die Erscheinung sehr auffallend.

Bei einer Anzahl von Versuchen ist die Latenzzeit für die stärkeren Reize eine fast gleiche und namentlich in Versuchen, bei denen mehrmals derselbe stärkste Reiz angewendet wurde, bleibt sie nahezu gleich, wie Vers. V, IX und XVIII zeigen. Es scheint also doch, dass die Zeit der Latenz in einer bestimmten Abhängigkeit von der Reizstärke steht, die indessen vielleicht sehr complicirt ist. Ueber die Ursache der Latenz möchte ich nichts bestimmtes aussagen, obwohl ausser einer gewissen Muskelermüdung, die den Muskel vielleicht ausser Stand setzt, gleich nach der Einwirkung des mächtigen Inductionsschlages wieder in Contraction zu gerathen, doch in den nervösen Apparaten, von welchen die nun folgende dauernde Erregung ausgeht, eine Ursache vorhanden sein muss, die das Durchbrechen der Erregung erst nach einer gewissen Pause gestattet. Hierfür sprechen die Versuche mit mechanischer Reizung, bei denen ebenfalls die Latenz beobachtet wird.

Es ist jetzt noch die Frage zu beantworten, welche Bestandtheile des Ventrikels es sind, an deren Vorhandensein die bisher beschriebenen Erscheinungen gebunden sind.

Die Versuche mit mechanischer Reizung haben gezeigt, dass an den Stellen, durch deren Reizung man die Pulsationsreihen erhält, nervöse Bestandtheile liegen, Ganglienzellen und Nervenfasern. Indessen möchte ich hier bemerken, dass man durch Stiche mit einer feinen Nadel oder durch Kneifen mit einer feinen Pincette vom ganzen Rande des Ostium atrioventriculare aus Reihen von Pulsen erhalten kann und dass es wohl noch zweifelhaft ist, ob an allen diesen Stellen Ganglienzellen liegen. Freilich wäre es möglich, dass durch Zerrung an diesen Stellen entfernter gelegene Ganglienzellen gereizt würden. Die andere Möglichkeit wäre die, dass direct hier nur Nervenfasern gereizt würden, die ihre Erregung auf Ganglienzellen übertrügen. Den Nervenfasern allein ohne sonstige nervöse Apparate die Fähigkeit zuzuschreiben, durch eine einmalige mechanische Reizung in dauernde Erregung ver-

setzt zu werden, geht nicht an, da wir denselben nicht Eigenschaften beilegen dürfen, die wir an anderen Nervenfasern nicht kennen.

Die Versuche mit chemischer Reizung ergaben, dass durch gewisse starke Reize, Säuren wie Alkalien, die ihrer Natur nach dauernd wirken, eine lange anhaltende Erregung des ganzen Ventrikels erhalten wird im Gegensatz zu der fehlenden oder sehr kurzdauernden Wirkung auf die Herzspitze. Bei der Anwendung des Kalihydrats und der Salzsäure findet eine directe Erregung der vorhandenen Nervenfasern gewiss statt und wird von diesen durch Vermittlung centraler Elemente auf die Muskelfasern übertragen. Die Versuche mit Ammoniak sprechen hingegen gegen die Vermittlung durch die Nerven, da es nicht möglich ist, durch Behandlung mit Ammoniak wenigstens den motorischen Nerven in nachweisliche Erregung zu versetzen. Es scheint also bei diesen Reizen eine directe Einwirkung auf centrale Apparate zu bestehen.

(Beiläufig möchte ich hier erwähnen, dass man durch eine Milchsäurelösung von 2 bis 5 Procent, die man im Fliesspapierbäuschchen auf die Atrioventricularöffnung bringt, den Ventrikel ermüden kann. Es gelingt dann nicht mehr, durch starke Inductionsschläge Reihen von Pulsen zu erhalten, sondern das Präparat antwortet, so lange ein Theil des Muskels noch erregbar ist, auf dieselben nur mit einer Contraction. Durch 1 bis 5-procentige Lösung von kohlensaurem Natron gelang es in mehreren Versuchen diese Wirkung der Milchsäure wieder aufzuheben. Der Versuch enthält indessen nichts besonders charakteristisches, da man die Wirkung der Milchsäure auf den Muskel von der auf andere im Ventrikel gelegene Apparate nicht trennen kann.)

Die Versuche mit Temperaturänderungen zeigten die Unempfindlichkeit der Herzspitze gegenüber dieser Einwirkung, während der ganze Ventrikel bei plötzlichen stärkeren Temperaturänderungen stets in längere Zeit anhaltende Erregung versetzt wurde, die im allgemeinen um so stärker war, je grösser die Differenz der angewendeten Temperaturen. Bekanntlich kann man Nervenfasern durch plötzliche beträchtliche Erwärmung ebenfalls in anhaltende Erregung versetzen. Es ist also in unseren Versuchen mit Sicherheit nicht zu entscheiden, ob die Wirkung durch Nervenfasern vermittelt ist, oder nicht. Indessen spricht doch eine Beschleunigung der Contractionen schon bei geringen Temperaturerhöhungen (resp. ein Auftreten derselben) wie in Versuch 19b,

20, 17, 18 bei allmäliger Erwärmung dagegen, dass die Wirkung der Erwärmung auf die centralen Apparate durch Nervenfasern vermittelt wird, sie deutet vielmehr auf eine directe Steigerung resp. ein Hervorrufen der Erregung in centralen Apparaten.

Die starken electrischen Reize, welche in den Versuchen angewendet wurden, versetzen den motorischen Nerven nur in vorübergehende Erregung. Sie geben nur eine äusserst heftige Zuckung des vom motorischen Nerven versorgten Muskels. In unseren Versuchen werden Nervenfasern und Ganglienzellen von diesen Reizen betroffen und man kann nur annehmen, dass die letzteren der Sitz der lange anhaltenden Erregung sind, sei es, dass der Reiz ihnen durch Nervenfasern zugeführt wird, sei es, dass er direct sie zu erregen vermag.

Wir können also den allgemeinen Satz aussprechen, dass es gelingt, durch mechanische, chemische, thermische und electrische Reize die im oberen Theil des Ventrikels gelegenen centralen Apparate zu erregen und dass ein momentaner mechanischer oder electrischer Reiz eine anhaltende Erregung derselben auslöst, deren Gesammtintensität (bei electrischen Reizen) mit der Stärke des Reizes wächst.

B. Versuche am Rückenmark.

Da ich besonders die durch electrische Reizung der im Ventrikel gelegenen Centralapparate erhaltenen Resultate an anderen Centralorganen controlliren wollte, stellte ich einige Versuche am Rückenmark von Fröschen an. Es stellte sich heraus, dass es in der That gelingt, durch einzelne sehr starke Schliessungs- und noch besser Oeffnungsschläge, die durch das Rückenmark in seiner Längsrichtung gesandt werden, einen heftigen Tetanus der vom Rückenmark aus innervirten Muskeln zu erhalten, der bis zu mehreren Minuten anhielt. Die Erscheinung bietet einige Aehnlichkeit mit dem Tetanus, den man durch mechanische Zerstörung des Rückenmarks hervorrufen kann, indessen ist der Versuch insofern schlagender, als man ihn mehrmals mit gleichem Erfolge wiederholen kann und die Dauer der Reizung ja weit kürzer ist, als bei mechanischer Zerstörung.

Ich stellte die Versuche meist an decapitirten und enthäuteten Fröschen an, deren Eingeweide zum grössten Theil entfernt waren. Die Präparate wurden so auf einem Brett befestigt, dass das Rückgrat, welches auf einem auf das Brett aufgekitteten Kork

festgesteckt wurde, etwas erhöht war. Die Vorderbeine und der oberste Abschnitt des Rückgrats wurden meist entfernt, das eine Bein im Oberschenkel abgeschnitten, das andere durch einen starken Faden, der dicht über dem Knie um den Oberschenkelknochen geführt wurde, fixirt und ausserdem über dem Fussgelenk an dem Brett befestigt. Der M. gastrocnemius wurde nun freipräparirt, in seine Achillessehne ein Häkchen eingehakt und nun das Brett horizontal so aufgestellt, dass der Gastrocnemius senkrecht herabhing. Derselbe bewegte bei seiner Contraction einen Hebel, der beliebig belastet werden konnte und auf einen rotirenden Cylinder schrieb. Die Nadelelectroden, welche dem Rückenmark den Schlag zuführten, waren so angeordnet, dass, wenn das rechte Bein benutzt wurde, die untere Nadel links neben dem Ende des Rückenmarks (neben dem Rückgrat), die obere zwischen zwei Procc. transversi rechts in beliebiger Höhe möglichst nahe dem Mark eingestossen wurde.

Die erhaltenen Curven zeigen oftmals ganz unregelmässige Zuckungen, die bis zum vollkommensten Tetanus verschmelzen können. Je stärker der Reiz und je frischer das Präparat war, um so vollkommener und anhaltender war auch der Tetanus. Häufig trat der Tetanus nicht gleich nach der Reizung in voller Stärke auf, sondern er entwickelte sich allmälig, indem zunächst einzelne Zuckungen erfolgten, diese sich immer mehr beschleunigten und endlich vollkommener Tetanus eintrat, der nun wohl eine Minute lang anhielt. In anderen Fällen war gleich anfangs Tetanus da, doch stieg derselbe noch mehr an, hielt sich einige Zeit auf der Höhe und sank allmälig wieder ab. Das Anwachsen des Tetanus pflegte besonders deutlich zu werden, wenn das Präparat anfing zu ermüden. Doch kam es auch bei ganz frischen Präparaten vor. Einen derartigen Fall zeigt Fig. 2 auf Tafel X.

Der Schlag wurde hier durch die untere Hälfte des Markes geschickt. Die Belastung des Hebels betrug 25 gr. Der Oeffnungsschlag wurde durch 6 Bunsen'sche Elemente und einen grösseren Inductionsapparat bei 0 mm Rollenabstand erzeugt. Der Versuch ist an einem im Juli eingefangenen Frosch angestellt. Die mit 1 bezeichnete Curve wurde erhalten um 11h 43', die zweite 11h 47', die dritte 11h 52'. Man sieht hier, wie das allmälige Anwachsen von 1 bis 3 immer deutlicher wird, trotzdem die Dauer des Tetanus bei 3 wieder gewachsen war. Die Zeitschreibung markirte je 2 Sekunden.

Eine Latenzzeit, die die erste Zuckung (welche durch allgemeine Reizung des Präparates durch den sehr starken Schlag erfolgte) überdauert hätte, kam nicht bei diesem Tetanus vor; wenigstens schloss sich derselbe oft direkt an den Gipfel der ersten allgemeinen Zuckung an. Um das Vorhandensein einer derartigen längeren Latenz mit Sicherheit festzustellen, wurde eine besondere Einrichtung nöthig.

Da nämlich die Schwankungen im Strom der Elemente bei übereinandergeschobenen Rollen oft schon an sich ausreichten, bei anhaltender Schliessung des primären Kreises, sobald der in den secundären Kreis als Nebenschliessung eingeschaltete Schlüssel geöffnet war, Tetanus hervorzurufen, so construirte ich einen Apparat, mit dessen Hülfe ich einen sehr rasch auf einander folgenden Schliessungs- und Oeffnungsschlag erhielt, wodurch also eine längere Schliessung des primären Kreises vermieden wurde. Ich benutzte dazu das Pendel eines Sekundenschlägers, welches bei jeder Schwingung 2 amalgamirte Kupferspitzen, die seitlich an der Pendelstange, leitend mit einander verbunden, angebracht waren, an der Stelle seiner grössten Geschwindigkeit in zwei Quecksilbernäpfchen eintauchen liess und so den primären Strom schloss und gleich wieder öffnete. Damit das Pendel jedesmal nur eine Schwingung ausführte, wurde eine federnde Hemmung angebracht, die dasselbe am Ende seiner Schwingung festhielt. Sollte gereizt werden, so wurde das Pendel mit einem Faden in einer bestimmten Ablenkung fixirt und dieser nun im geeigneten Moment mittelst einer einfachen Vorrichtung losgelassen. Mit Hülfe dieses Apparates gelang es, bei geringen Reizstärken eine Zuckungscurve zu erhalten, die nicht merklich länger war, als bei einer einfachen Reizung. Bei starken Reizen zeigte sich nun, dass sich die Curve des Tetanus oft ohne Pause an die erste Zuckung anschloss. Es war also keine längere Latenz vorhanden.

Ich glaube, dass man diesen Tetanus nur auf die eigentlich centralen Apparate des Rückenmarks beziehen kann, die ja hier direkt vom Inductionsschlag getroffen wurden. (Der motorische Nerv giebt, wie schon oben bemerkt, mit diesen Reizen nur eine einfache Zuckung.) Derselbe würde also gleichfalls einen Beweis dafür liefern, dass centrale Apparate durch einen einmaligen äusserst kurz dauernden Reiz von genügender Stärke in lange anhaltende Erregung versetzt werden können, die im allgemeinen mit der Reizstärke zunimmt.

Versuchsbeispiele.

Vers. V. 1. Juni 1878. Präparat: Ventrikel mit Bulbus. Sämmtliche Pulse werden aufgeschrieben. Temperatur 15° C.

Nr.	Zeit	Ri	Dauer der Gruppe.	Puls-zahl[1])	Pulse zwischen den Gruppen	La-tenz	Bemerkungen.
1	12 h 28'	1	0"	0	1[2])		
2	31'	2	0"	0			
3	34'	4	9,5"	2		> 5"	Erste Contraction doppelt.
4	37'	6	23"	7		> 5"	
5	40'	6	24"	7		< 5"	
6	43'	8	35"	12	1	< 5"	
7	46'	6	22"	6	1	< 5"	
8	50'	4	12,5"	2	1	> 6"	
9	53'	2	0"	0			
10	56'	1	0"	0	1		
11	1 h 0'	8	39"	13		5'	
12	4'	8	35"	12	1	5"	
13	8'	8	34"	12	2	5"	
14	12'	8	34"	12	2	5"	
15	16'	8	39"	15		5"	

XVIII. 28. Juni 1878. Präparat: Ventrikel. Versuch über Ermüdung durch mehrfache stärkste Reizung.

Nr.	Zeit	Ri	Dauer	Puls-zahl.	La-tenz.	Bemerkungen.
1	je ½ Min.	8	24"	6	3"	Zwischen 1 und 11 wird 9 Mal mit Ri
11	Pause.	8	15"	5	3"	= 8 gereizt. Pause zwischen letzter
						Contraction und neuer Reiz. je ½ Min.

Versuch IX. 6 Juni 1878. Ventrikel mit Bulbus und grösstem Theil des Atrium.

Nr.	Zeit	Ri	Dauer	Puls-zahl.	Pulse zwischen den Gruppen	La-tenz
1	12 h 47'	1	0"	0		
2	48'	2	0"	0		
3	49'	4	0"	0		
4	50'	6	15'	4		5"
5	51'	8	20"	7		4,6"
6	52,5'	6	16"	5		3,5"
7	54'	4	12"	2		6
8	55'	2	0"	0		
9	56'	1	0"	0		
10	57'	8	28"	9	1	4,5"
11	je 1 Min. Pau-	8	23"	7		5"
12	se zwischen	8	28"	8		5"
13	letzter Zuk-	8	23"	7		5,3"
14	kung und	8	26"	7		5,3"
	neuer Reiz.					

1) Bei der Pulszahl ist der erste Puls nicht mitgezählt.

2) Diese Pulsation erfolgte zwischen Nr. 1 und 2 der Reizungen; ebenso

Pulszahl bei Versuch (excl. die erste Contraction)

Ri	II.	III.	V.	VII.	VIII.	IX.	XI.	XIII.	XIV.	XIX.	XXII.	XXIV.	XXVI.
1	11	0	0	0	2	0	0		0	0	1		0
2	4	0	0	1	3	0	0		2	0	0	1	1
3								1					
4	13	11	2	15	6	0	0	5	8	0	1	2	1
5										3			
6	24	9	7	28	15	4	9	14	14	5	7	1	4
7								18		7	11	5	
8	46	22	12	40	46	7	26	23	30	9	12	18	8
7								19		10	10	13	
6		8	6	24	38	5	11	14		7	4	4	3
5										5			
4		1	2	7	15	2	7	6	4	3	1	2	1
3								10					
2		1	0	1	5	0	0		0	2	0	0	0
1		1	0	1		0	0		0	3	0	0	0

Physiologisch-optische Beobachtungen.

Von

Dr. **A. Kleiner.**

Hierzu Tafel XI u. XII und 4 Holzschnitte.

I. Ueber Talbot's Gesetz.

1.

Der Effekt periodisch variirender Netzhautreizung wird nach dem Talbot-Plateau'schen Satz durch folgendes Gesetz bestimmt[1]):

„Wenn eine Stelle der Netzhaut von periodisch veränderlichem und regelmässig in derselben Weise wiederkehrendem Lichte getroffen wird und die Dauer der Periode hinreichend kurz ist, so entsteht ein continuirlicher Eindruck, der dem gleich ist, welcher

erfolgte eine Pulsation zwischen Nr. 6 u 7, 7 u. 8, 8 u. 9 u. s. w. Diese Pulse sind von dem letzten Pulse der voraufgehenden Gruppe durch einen grösseren Zwischenraum getrennt. S. S. 331.

1) Nach Helmholtz' Formulirung, Ph. Opt. 339.

entstehen würde, wenn das während einer jeden Periode eintretende Licht gleichmässig über die ganze Dauer der Periode vertheilt würde."

Trotz der grossen praktischen[1]) und theoretischen Wichtigkeit, welche dem Gesetze zukommt, existirt zur Zeit noch einige Unsicherheit über seine strenge Gültigkeit und dies veranlasste mich zu den mitzutheilenden Versuchen.

Plateau[2]) erwies die Richtigkeit des Satzes, indem er fand, dass eine mit schwarzen und weissen Sectoren versehene rotirende Scheibe gleiche Helligkeit zeigte wie eine ganz weisse Papierfläche, wenn sich das Quadrat des Abstandes der rotirenden Scheibe von der Lichtquelle zum Quadrat des Abstandes des Papiers von derselben verhielt wie die Breite der schwarzen Sectoren zu der der weissen und Helmholtz[3]) bestätigte die Gültigkeit des Gesetzes durch den Nachweis, dass eine mit Sectoren versehene Scheibe keine Aenderung der Helligkeit zeigte, wenn sie ruhend durch eine Linse in deren Brennpunkt betrachtet wurde (so dass das Licht diffus mit einer mittlern Helligkeit im Gesichtsfeld verbreitet wird) und wenn sie, rotirend, so betrachtet wurde, dass ein scharfes Bild entstehen konnte[4]).

Fick[5]) glaubt die strenge Gültigkeit des Gesetzes a priori bezweifeln zu müssen auf Grund folgender Betrachtung: Wenn eine Scheibe mit Sectoren genügend rasch rotirt, um einen continuirlichen, unveränderlichen Eindruck zu geben, so schwankt die Empfindung längs einer sägeartigen Curve um einen Mittelwerth, derart, dass die Empfindung während des Reizzeitraumes um gerade so viel steigt, als sie während des reizlosen Zeitintervalls wieder sinkt. Für diesen Mittelwerth müssen danach die Differentialquotienten der Curven des Anklingens und des Abklingens der Netzhauterregung in bestimmter Beziehung stehen, welche eben durch das

1) Es wurde bei vielen wichtigen ph. opt. Versuchen unbedenklich angewendet, wenn es sich darum handelte, Lichtintensitäten in angebbarem Maasse zu variiren, es bildet also eine der bequemsten photometrischen Methoden.

2) Pogg. Ann. 1835, Band 35.

3) Ph. Opt. 340.

4) Eine andere daselbst angegebene Methode scheint nur auf das Sectorenverhältniss $^1/_1$ anwendbar sein.

5) Ueber den zeitlichen Verlauf der Netzhauterregung, Reichert und Du Bois Archiv. 1863, p. 739.

Talbot'sche Gesetz gegeben wird. Sind [1] $\left(\frac{di}{dt}\right)_1$ und $\left(\frac{di}{dt}\right)_2$ die Derivirten der Curven des An- und Abklingens der Erregungsintensität i nach der Zeit (oder also die Geschwindigkeit des Steigens und Sinkens), τ die Umdrehungszeit der Scheibe, m und n die Bruchtheile der ganzen Peripherie, welche der helle und dunkle Sector einnehmen, so dass τ m die Zeit des Vorübergangs eines hellen, τ n die eines dunklen Sectors ist, so steigt die Empfindung während des Durchgangs des hellen Sectors um

$$\tau . m . \left(\frac{di}{dt}\right)_1$$

und sinkt während des Durchgangs des dunklen Sectors um

$$\tau . n . \left(\frac{di}{dt}\right)_2$$

Und es muss für stationären Zustand:

$$m . \left(\frac{di}{dt}\right)_1 + n \left(\frac{di}{dt}\right)_2 = 0$$

Sind $\left(\frac{dt}{di}\right)_1$ und $\left(\frac{di}{dt}\right)_2$ als Functionen von i dargestellt, so ergibt sich die von Fick geforderte Gleichung:

$$\frac{m}{n} \varphi (i) + \chi (i) = 0$$

in welcher $\frac{m}{n}$, wiederum nach Talbot's Gesetz durch i und die ganze Helligkeit des weissen Sectors, h, ausgedrückt werden kann; es ist nämlich:

$$m + n = 1$$
$$m . h = i, \quad \text{also}$$

$\frac{m}{n} = \frac{i}{h - i}$, so dass obige Gleichung auch geschrieben werden kann:

1) $$\frac{i}{h - i} \varphi (i) + \chi (i) = 0 \ [1]$$

Diese einfache Differentialgleichung müsste nach Fick für die Curven des An- und Abklingens der Netzhautregung gelten, wenn

1) Da die Derivirten sich auf gleiche Werthe von i, aber auf verschiedene Curven beziehen, so müssen sie verschieden bezeichnet werden, daher die Klammern.

2) Fick hat $h = 1$ genommen.

Talbot's Satz richtig wäre. Fick bemerkt dazu: „Es ist nun im höchsten Grade unwahrscheinlich, fast möchte ich sagen undenkbar, dass zwischen 2 Funktionen, welche höchst complicirte, physiologische Vorgänge darstellen, eine so einfache mathematische Beziehung bestehen sollte, wie sie durch diese Gleichung ausgedrückt ist." Er zieht daraus den Schluss, dass Talbot's Satz, aus welchem jene Beziehung folgt, nicht streng richtig sein könne.

Die Versuche, welche Fick zur Prüfung des Gesetzes nun angestellt hat, scheinen diesen Schluss zu bestätigen; sie wurden nach der gleichen Methode gemacht, wie diejenigen Plateau's, mit dem Unterschiede jedoch, dass die scheinbare Helligkeit des rotirenden Scheibensektors nicht direct gemessen, sondern zunächst gleich gemacht wurde derjenigen einer graubemalten festen Scheibe, deren Helligkeit zuvor in Bruchtheilen der Helligkeit des hellen Theils des rotirenden Sectors gemessen war. In scharfsinniger Weise war dafür gesorgt, dass auf den Vorübergang des weissen Sectors ein möglichst vollständiges Schwarz folgte[1]).

Das Resultat dieser Versuche war, dass das intermittirende Licht etwas stärker auf die Retina wirken sollte, als dem Talbotschen Satz entsprechen würde; die Differenz beträgt in Maximo $^1/_7$ der ganzen empfundenen Helligkeit.

Gegen dieses Versuchsresultat ist von Aubert[2]) der Einwand gemacht worden, dass die Abweichung vom Talbot'schen Gesetze nicht viel grösser ist als die Unsicherheit in der photometrischen Bestimmung der Helligkeit der Vergleichsscheiben. (Letztere $\frac{1}{11}$, die erstere $\frac{1}{7}$.) Ueber die Sicherheit, mit welcher der Centriwinkel des rotirenden Sectors bestimmt wurde und über die Tourenzahl der Scheibe[3]) sind keine Angaben gemacht, die Bestimmungen beziehen sich auch bloss auf 5 verschiedene Sectoren. Aubert erblickt in den Resultaten der Versuche Fick's eine Bestätigung des Talbot'schen Gesetzes[4]).

Diese Unsicherheit bewog mich, den Satz noch ein Mal zu

---

1) Der Sector rotirte vor einem innen geschwärzten vollständig dunkeln Kasten, so dass im reizlosen Intervall bloss das Eigenlicht der Netzhaut in Betracht kommen konnte.

2) Physiologie der Netzhaut p. 351.

3) Dass diese, wenn nicht gross genug, von Einfluss ist, ergab sich aus Brücke's Versuchen: Ueber den Nutzeffekt intermittirender Netzhautreizung. Sitzungsberichte der Wiener Academie 1864, Band 49.

4) Grundzüge der phys. Opt., p. 516.

prüfen, und es leiteten mich dabei auch noch folgende Erwägungen: Die Betrachtungen Fick's zeigen den bestimmten Zusammenhang zwischen Talbot's Satz und den Curven des An- und Abklingens der Netzhauterregung, so dass wohl als wesentliche Tendenz der Fick'schen Arbeit bezeichnet werden kann, einige Anhaltspunkte für die Auffindung jener Curven zu geben; es wird auch angedeutet[1]), wie die eine dieser Curven, die Curve des Anklingens, gefunden, und mit Hülfe derselben und des Talbot'schen Satzes die andere bestimmt werden kann. Die Curve des Anklingens ist nun später von S. Exner[2]) in seiner schönen Untersuchung „über die zu einer Gesichtswahrnehmung nöthige Zeit" wirklich experimentell bestimmt, und aus derselben mit Hülfe des Talbot'schen Satzes, die Curve des Abklingens[3]) construirt worden. Es sind auch die analytischen Formen dieser Curven gegeben und deren Eigenschaften discutirt worden von K. Exner[4]); die Curvengleichungen sind sehr einfach und es folgt aus denselben auch Talbot's Gesetz wie begreiflich, da sie dasselbe zur Voraussetzung haben. Die Differentialgleichungen der Curven des An- und Abklingens sind:

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_1 + \frac{A}{h} \cdot i = A \qquad 2)$$

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_2 + \frac{A}{h} \cdot i = 0 \qquad 3)$$

durch deren Integration sich ergibt:

$$\log. \frac{h-i}{h} = -\frac{A}{h} \cdot t \qquad 4)$$

$$\log. \frac{i}{h} = -\frac{A}{h} \cdot t \qquad 5)$$

h bedeutet die Helligkeit des weissen Sectors, A eine Constante, t die Zeit. Setzt man $\frac{di}{dt}$ aus Gleichung 2) und 3) in Gleichung 1), welche den Talbot'schen Satz enthält, so ergibt sich:

$$\frac{i}{h-i}\left(A - \frac{A}{h} \cdot i\right) - \frac{A}{h} \cdot i =$$

$$A\left(\left(\frac{i}{h-i}\right)\left(\frac{h-i}{h}\right) - \frac{i}{h}\right) = 0$$

---

1) a. a. O. p. 762.

2) Sitzgsber. d. Wiener Acad. 1868.

3) Pflüger's Archiv Band 3.

4) Sitzgsber. d. Wiener Acad. 1870.

Es ist also jene Fick'sche Gleichung erfüllt. Aus den Curven der Netzhauterregung ergibt sich eine einfache Anschauung, fast möchte ich sagen ein Einblick in den Vorgang der Netzhauterregung, und es knüpfen sich daran nicht uninteressante Consequenzen, so dass das Talbot'sche Gesetz, von welchem das gleichzeitige Bestehen beider Gleichungen abhängt, auch dadurch ein erhöhtes Interresse gewinnt. Da gewissermassen psychophysische Vorgänge durch obige Beziehungen einer physiologischen und physikalischen Erklärung zugänglich werden, so schien es mir wichtig, eine Grundlage derselben, das Talbot'sche Gesetz, nochmals zu prüfen.

2.

Die Versuchsmethode war im Wesentlichen folgende: Durch den einen Tubus eines Zöllner'schen Photometers[1]) wurde intermittirendes Licht geschickt und die resultirende Helligkeit wurde gemessen durch die Intensität des Lichts, welches durch den andern Tubus von einer constanten Lichtquelle eintrat und beliebig variirt werden konnte. Die Zusammenstellung der Apparate ergibt sich aus Taf. XI. Das Zöllner'sche Photometer besteht aus 2 mit Nicol'schen Prismensystemen versehenen, senkrecht zu einander gestellten Tuben, und einem Fernrohr, in welchem die Helligkeiten der von beiden Seiten eindringenden Lichtbündel verglichen werden. Das Licht tritt durch enge Oeffnungen, wie bei E, ein, fällt dann zuerst auf die Nicol'schen Prismen n_1 und n_2, dann je auf ein Paar solcher Prismen N_1 und N_2[1]). Der eine Nicol kann gegen den andern um einen an den Kreistheilungen T_1 und T_2 messbaren Winkel verdreht werden. Das Lichtbündel, welches durch n_1 N_1 gegangen, wird an einer um G drehbaren, planparallelen Platte gegen das Fernrohr F[2]) reflectirt, während das von n_2 N_2 kommende Bündel direct ins Fernrohr fällt. Durch das Fernrohr werden hinter G zwei kleine punctförmige Bilder der beiden Lichtöffnungen entworfen; die Helligkeit dieser beiden Bilder

1) Zöllner, Grundzüge einer allgemeinen Photometrie des Himmels.

2) Die zwischen n_1 und N_2 eingeschaltete senkrecht zur Axe geschliffene Quarzplatte, welche beliebig variable Farbennuancen herstellen lässt, durch Drehen der Nicols hatte ich herausgenommen, weil sie das Licht ein wenig modificirt bei jeder Stellung des Nicols.

3) Um möglichst bequem von oben nach unten beobachten zu können, befindet sich am Ocular ein total reflektirendes Prisma P.

soll verglichen werden und kann gemessen werden durch die Winkelstellung der Nicol'schen Prismenpaare.

Bei meinen Versuchen kam das Licht für die beiden zu vergleichenden Lichtpunkte von einer einzigen Lichtquelle L her; dadurch wurde erreicht, dass bei etwaigen Schwankungen der Leuchtkraft dieser Lichtquelle die relative Helligkeit der beiden Vergleichspunkte nicht verändert wurde; ferner wurde dadurch die Bedingung gleicher Qualität der zu vergleichenden Lichtflächen erfüllt. Von L ging nun ein Lichtbündel durch $E n_2 N_2$ direkt und ohne Unterbrechung ins Fernrohr F; dasselbe diente zur photometrischen Messung. Durch $n_1 N_1$ kam das zu untersuchende intermittirende Licht; die Strahlen fielen von L zuerst auf einen Metallspiegel s_1, von diesem auf ein total reflectirendes Prisma s_2, von diesem wurden sie in verticaler Richtung auf ein zweites solches Prisma s_3 reflectirt und von dessen Hypothenusenflächen in den Apparat hinein. Zwischen s_2 und s_3 befand sich die rotirende, mit einem Ausschnitt versehene undurchsichtige Scheibe, sodass das Licht nur passiren konnte, wenn sich gerade der Ausschnitt zwischen den beiden Prismen befand. Als Motor für diese Scheibe diente eine Sirene[1]), an deren Axe sie gesteckt war; die Sirene wurde durch ein Centrifugalgebläse, letzteres durch einen Schmid'schen Wassermotor getrieben; die Rotationsgeschwindigkeit konnte durch einen in den Schlauch K eingeschalteten Hahn beliebig variirt werden und war constant[2]).

Bei den Versuchen wurden nun zunächst die beiden Lichtpunkte bei weggenommener Sectorenscheibe gleich hell gemacht durch Drehen der Nicols n_1 und n_2, während die Hauptschnitte der Nicolpaare N_1 und N_2 parallel standen (der Index auf 90° zeigte). Wurde nun die Scheibe zwischen die Prismen s_2 und s_3 eingeschaltet und genügend rasch in Rotation gesetzt, so zeigte der eine Lichtpunkt eine verminderte Helligkeit; diejenige des andern wurde ihr nun gleichgemacht durch Drehen des Nicols am Theilkreis T_2.

1) Das Zählwerk ist weggenommen; es konnte aber während der Versuche auch daran gelassen werden und diente einige Male zur Bestimmung der Tourenzahl.

2) Eine ähnliche Einrichtung hatte mir früher dazu gedient, diejenige Rotationsgeschwindigkeit zu bestimmen, für welche das Flimmern verschwindet und die Abhängigkeit derselben von der Helligkeit. Zürcher Vierteljahrsschrift 1874, p. 105.

Das Quadrat des Sinus des aus T_2 abgelesenen Winkels gab dann die Helligkeit der beiden gleichen Lichtpunkte in Bruchtheilen der ursprünglichen Helligkeit.

3.

Bei den Versuchen wurde noch auf folgende Vorsichtsmassregeln Bedacht genommen. Zunächst war schon durch den Apparat selber dafür gesorgt, dass die beiden Lichtpunkte auf absolut schwarzem Grund erschienen, weil durch die engen Oeffnungen nahezu kein anderes Licht als das der Lichtquelle eindringen konnte; bei dem intermittirenden Lichte wechselte also der Zeitraum des Reizes mit einem so gut als möglich reizlosen (d. h. einem solchen, in welchem nur die nicht weiter zu eliminirenden innern Reize des Auges wirkten). Die Versuche wurden im verdunkelten Zimmer angestellt, die Lichtquelle L war dem Auge verdeckt durch einen Schirm bei E, F und vor dem Spiegel s_1. Um ablesen zu können, und zwar möglichst bequem bei möglichst unveränderter Lage des Kopfes, war an dem vor F aufgestellten grossen Schirm ein kleines Loch angebracht, durch welches das Auge die Scala T_2 in einem schief gestellten Spiegel s_4 beobachten konnte. Die Scala wurde beleuchtet durch eben jenen Spiegel s_4, auf welchen das Licht zuerst von s_1 und dann noch durch mehrfache, in der Figur nicht angedeutete Reflexionen geworfen wurde. Auf diese Weise wurde das Versuchsauge möglichst vor Ermüdung geschützt: Die Beobachtungen wurden immer erst dann angestellt, wenn im Gesichtsfeld keine Nachbilder mehr zu bemerken waren [1]). Mit dem Versuchsauge wurde nicht abgelesen, das Notiren der Beoachtungen geschah bei unveränderter Stellung im dunkeln Raum.

Eine Schwierigkeit, die bei der angenommenen Zusammenstellung nicht zu vermeiden war, bestand darin, dass die beiden zu betrachtenden Bilder nicht genau in die gleiche Ebene zu bringen waren wegen des complicirten Ganges der an s_1, s_2, s_3 reflectirten Strahlen, welche einen längern optischen Weg haben als die durch n_2 N_2 gehenden. Bei passender Stellung des Fernrohrs F liess sich indess ohne merkliche Accomodationsänderung beobachten.

Für jede einzelne Sectorenbreite wurden etwa 20 — 30 Einstellungen gemacht und solcher Beobachtungsreihen wurden an

1) Ein einziger unvorsichtiger Blick in die Flamme L oder den Spiegel s_1 hatte immer lang andauernde Nachbilder zur Folge, daher obige Schirme.

einem Versuchstage so viel hinter einander gemacht, als Scheiben untersucht werden sollten (10—12); die einzelne Reihe erforderte eine Zeit von $^1/_2$—1 Stunde. Der Theilkreis T_2 wurde abwechselnd nach rechts und nach links von der Ruhelage auf Gleichheit der Punkte eingestellt (d. h. aus derjenigen Stellung, bei welcher die Hauptschnitte der Nicol'schen Prismen senkrecht zu einander standen). Es war dies nothwendig, um die Fehler der Angabe des Nullpunkts auf der Theilung zu eliminiren. Zur Berechnung wurde die Differenz der mittleren Einstellungen nach rechts und nach links halbirt und die Hälfte von den einzelnen Angaben subtrahirt resp. zu denselben addirt. Es zeigte sich, dass diese Differenz bei wachsenden Helligkeiten etwas zunahm; sie betrug 0,3 — 0,6°. Die Winkel konnten mit Hülfe eines Nonius bis auf 0,1° abgelesen werden.

Um bestimmte Sectorenbreiten herzustellen, wurde die Scheibe zuerst mit dem Zirkel getheilt, dann der Sector ausgeschnitten, und der Winkel nachher bestimmt, indem die Sirenenaxe mit der Scheibe auf die Axe eines Theilkreises gesteckt und nun so gedreht wurde, dass die Ränder nach einander im Fadenkreuz eines Mikroskops erschienen. Diese Messungen wurden mehrmals angestellt, nachdem die Scheibe eben zu einem Versuch benutzt worden war, um den etwaigen Einfluss von Verbiegungen, mangelhafter Centrirung etc. zu controliren.

Die photometrischen Messungen wurden einigermassen erschwert durch den Umstand, dass durch die rasche Rotation der Sirenenscheibe der Apparat, oder doch die zu vergleichenden Bilder, in zitternde Bewegung geriethen, und weil sie nicht in einem ruhigen Raum gemacht werden konnten. Kleine Verrückungen gewisser Theile des Apparats, besonders der Prismen s_2 und s_3 machten ein häufiges Einstellen der beiden Nicols n_1 und n_2 nothwendig; kamen sie während der Versuche vor, so mussten die Resultate verworfen werden. Diese Umstände erklären einigermassen, warum der mittlere Fehler bei meinen Versuchen grösser war als er sich aus Zöllner's Beobachtungen mit dem gleichen Apparat ergibt.

Für vollständige Unbefangenheit des Urtheils bei den Beobachtungen war besonders dadurch gesorgt, dass die Beziehung des beobachteten Winkels zu der zu bestimmenden Grösse keine leicht zu übersehende war ($J = C . \sin^2$).

4.

Um ein Beispiel des Rohmaterials der Versuche und dessen Verwerthung zu geben, lasse ich umstehend die ersten Aufzeichnungen einer Beobachtungsreihe folgen. Ueber jeder Verticalcolumne steht als Bezeichnung der benutzten Scheibe die Breite des Ausschnittes in Bruchtheilen der ganzen Peripherie angegeben[1]). Die Ablesungen von rechts und links sind neben einander gestellt.

Die mit Kreuzen versehenen Versuchsreihen sind in etwas andrer Weise gemacht als die übrigen. Um nämlich die Vergleichung der Helligkeiten bei nicht zu greller Beleuchtung anzustellen, war die Intensität des intermittirenden Lichtes dadurch um einen bestimmten Bruchtheil herabgesetzt worden, dass das Nicol'sche Prisma am Theilkreis T^1 um 60^0 aus der ursprünglichen Stellung verdreht wurde. Bei der Berechnung ist daher das beobachtete Helligkeitsverhältniss noch mit dem reciproken Werth jenes Bruchtheils, also mit $\frac{1}{\sin^2 30^0} = 4$ zu multipliciren. Dies Verfahren ist bei den spätern Versuchen nicht mehr angewandt worden. Eine Versuchsreihe ist in der Tabelle doppelt vertreten; aus den entsprechenden Resultaten soll das Mittel genommen werden.

Um nun aus umstehenden Winkelbeobachtungen den Mittelwerth der scheinbaren Helligkeit des intermittirenden Lichtes zu finden, hat man mit oben erwähnter Berücksichtigung der Verschiebung des Nullpunktes[1]) für jeden Winkel das Quadrat des sinus zu suchen und aus allen Werthen einer Serie das Mittel zu nehmen. Einfacher wäre es, den Mittelwerth der beobachteten Winkel zu nehmen und für diesen das Quadrat des sinus zu suchen. Die Differenz der nach beiden Methoden bestimmten Werthe ist verschwindend; ich habe die erstere Berechnungsart gewählt, weil es mir darauf ankam, den mittleren Beobachtungsfehler zu bestimmen, dessen Kenntniss aus mehreren Gründen nothwendig war. Aus den Beobachtungsdaten von S. 552 ergeben sich nun die in Tabelle S. 553 zusammengestellten scheinbaren Helligkeiten des intermittirenden Lichtes; unter jeder Columne ist der mit M bezeichnete Mittelwerth angegeben.

1) Nicht die gemessene, sondern die beim Ausschneiden beabsichtigte; die gemessenen Breiten sind unten angegeben.

2) Zöllner nimmt aus je 2 aufeinanderfolgenden Einstellungen das Mittel, was mit der oben angegebenen Methode identisch ist.

	$\frac{1}{264}$		$\frac{1}{132}$		$\frac{1}{64}$		$\frac{1}{48}$		$\frac{1}{32}$		$\frac{1}{24}$		$\frac{1}{16}$		$\frac{1}{12}$		$\frac{1}{8}$		$\frac{1^*}{8}$		$\frac{1^*}{6}$		$\frac{1}{2}$	
	3,8	3,65	5,7	5,0	8,4	7,1	8,9	8,3	10,3	9,9	12,9	11,5	14.6	14,3	18,3	18,6	21,5	20,9	11,3	10,1	12,3	11,9	22,8	21,3
	4,7	3,7	5,7	4,8	8,3	7,3	9,1	8,2	10,6	10,25	12,5	12,4	14,7	14,1	18,5	17,8	21,9	20,0	11,3	10,4	12,4	12,5	22,8	20,1
	4,3	3,2	5,2	5,4	8,3	7,3	9,2	8,3	10,8	9,9	13,4	12,1	15,2	14,1	18,7	16,7	20,7	19,6	11,2	10,2	11,7	10,9	22,9	20,1
	4,2	3,7	5,3	5,0	7,7	6,4	9,1	8,9	10,9	10,2	13,6	12,3	14,6	13,1	17,8	16,6	21,7	19,8	11,4	10,3	11,6	11,2	22,0	20,6
	4,5	3,8	5,9	4,8	7,4	6,8	9,3	8,6	10,1	10,0	12,5	12,1	15,0	14,5	18,1	16,6	20,2	19,7	11,4	10.8	12,5	10,7	22,1	20,3
	4,35	3,55	5,7	5,0	7,3	6,4	9,7	7,9	10,1	10,0	12,7	11,6	14,8	14.7	17,9	16,9	21,4	19,6	10,9	10,1	12,1	11,3	23,5	20,4
	4,3	3,6	5,3	5,4	7,7	7,1	9,25	7,9	11,2	10,5	12,4	12,1	14,1	13.9	17,7	16,3	20,8	20,5	11,4	10,8	12,1	10,4	22,5	19,6
	4,0	3,35	5,4	4,85	8,25	7,1	8.9	7,8	10,7	10,2	12,5	12,2	15,4	14,3	17,5	16.5	21,2	20,0	11,5	10.5	12,2	11,1	21,9	20,8
	4,5	3,35	5,4	4,8	7,7	7,1	8,5	8,0	10,6	10,1	12,6	11,8	14,9	14,0	17,8	16.9	20,3	19.7	11,3	10,4	11,8	11,5	22,1	20,9
	4,2	3,7	5,7	5,3	7,8	7,5	8,7	7,5	10.4	10,3	13.2	11,8	14,9	14,0	16,9	16,5	20,4	19,9	11,4	10.1	13,0	11,3	23,5	22,0
					8,0	7,7					12,7	11,7			16,6	16,7	21,0	19,8			12,7	11,1	22,4	20,4
					8,3	7,2					12,2	11,9									11,8	11,2	21,7	19,8
											12,4	11,8									13,2	11,5	23,0	20,0
											13,0	11,2									12,5	11,1	20,8	20,0
											12,8	11,5									12,7	11,3		
											12,4	11,5									12,6	11,7		
											12,5	11,5									12,7	11,6		
											12,0	11,3												
											12,6	11,6												
											12,7	11,7												
											12,9	11,5												
M	4,35	3,55	5,53	5,03	7,93	7,08	9,06	8,15	10,56	10,12	12,6	11,75	14,83	11,75	17,87	16,92	20,95	19,95	11,30	10,36	12,3	11,3	22,4	20,5
Δ	0,7		0,5		0,85		0.91		0,44		0,91		0,70		0,88		1,0		0,94		1,0		1,9	

1/264	1/132	1/64	1/48	1/32	1/24	1/16	1/12	1/8	1*/8	1*/6	1*/2
0,003727	0,009187	0,01937	0,02186	0,03076	0,04112	0,06101	0,09549	0,1284	0,03511	0,04394	0,1391
4626	8214	1704	2286	3076	4610	6354	0.10600	1331	3384	4466	1426
5886	9187	1889	2286	3259	4196	6185	0,09652	1318	3511	4466	1391
4866	7596	1795	2236	3259	4466	6185	9755	1226	3576	4396	1284
4866	7596	1889	2338	3384	4685	6612	8858	1192	3447	4191	1403
3727	9522	1795	2286	3076	4112	6185	8647	1181	3447	4610	1284
4626	7904	1615	2286	3447	4538	6101	8943	1192	3576	4252	1296
4866	8214	1365	2611	3321	4323	5609	8548	1204	3511	5060	1343
5363	9865	1485	2394	3197	4252	6439	9244	1249	3576	3773	1309
5111	7596	1535	2447	3136	4323	6525	8548	1192	3773	3907	1308
4866	9187	1443	2611	2956	4323	6269	9043	1297	3259	3706	1452
4392	8214	1402	2084	3136	4323	6699	8843	1191	3447	4112	1318
4866	7904	1615	2338	3641	3975	5696	8843	1147	3576	4323	1391
4626	9522	1764	2084	3384	4182	6018	8257	1284	3773	3773	1227
4164	8214	1842	2186	3259	4394	6786	8647	1249	3641	3992	1284
4164	7596	1704	2034	3259	4394	6354	8450	1227	3641	4118	1367
4626	8214	1615	1985	3259	4323	6354	8943	1147	3511	3992	1308
3943	7596	1704	2134	3179	4466	6101	8843	1192	3567	4112	1379
4626	9187	1658	2084	3136	4610	6354	8843	1159	3511	3992	1452
4866	7904	1889	1889	3259	4323	6101	8450	1215	3384	3576	1514
		1441					8548	1227		4112	1343
		1615					8647	1204		3992	1318
		1889								3840	1261
		1741								4323	1249
										4685	1320
										4191	1297
										4466	1159
										3992	1331
										3840	
										4112	
										4833	
										4323	
										4323	
										3992	
										4466	
										4182	
0,00464	0,008421	0,01681	0,02289	0,03235	0,04346	0,06246	0,08941	0,1222	0,14024	0,16796	0,533

In der folgenden Tabelle sollen nun die unter M gegebenen Mittelwerthe der beobachteten scheinbaren Helligkeit des intermittirenden Lichts zusammengestellt werden[1]) mit der nach **Talbot's** Gesetz aus der Sectorenbreite berechneten. Diese Sectorenbreite ist nicht wie oben (wo sie nur als Bezeichnung der Serie dient), sondern so angegeben, wie sie durch die nachträgliche Messung mit dem Theodolithen (die Beobachtungen sind hier nicht aufgeführt, weil die einzelnen Einstellungen auf die Sectorenränder

1) in derselben Reihenfolge, wie oben.

bis 1' übereinstimmten) gefunden worden war. Der Bruch, welcher dieselbe darstellt, ist nach Talbot's Gesetz auch gleich dem Bruchtheil, auf welchen die ganze, = 1 gesetzte Helligkeit des angewandten Lichtes durch die Unterbrechungen herabgesetzt wird. Er ist mit Ber. bezeichnet. Unter V ist das Verhältniss der beobachteten zur berechneten Helligkeit, unter MF der mittlere Beobachtungsfehler angegeben; letzterer ist das arithmetische Mittel aus den positiv genommenen Abweichungen der Einzelwerthe vom Mittelwerthe.

Ber.	0,00329	0,00806	0,01705	0,02201	0,0304	0,0427	0,0599	0,08387	0,125	0,125	0,1666	0,5
Beob.	0,00464	0,00842	0,01681	0,02239	0,03235	0,04346	0,06246	0,08941	0,1222	0,14024	0,16796	0,5336
V.	1,410	1,045	0,986	1,016	1,064	1,018	1,043	1,066	0,980	1,120	1,009	1,067
M. F.	0,081	0,079	0,077	0,067	0,034	0,032	0,039	0,042	0,038	0,027	0,065	0,045

Nach Talbot's Gesetz müsste das Verhältniss der Sectorenbreite zur beobachteten Helligkeit $V_1 = 1$ sein. Eine beträchtliche Abweichung davon zeigt sich nur beim ersten Sector, welcher mit 0,00329 bezeichnet ist; dies zeigte sich bei allen folgenden Versuchen und hatte seinen Grund in einer unrichtigen Angabe der Sectorenbreite; auch war die Quantität des Lichtes, welches bei Anwendung dieser Scheibe hindurch ging, so gering, dass nur ein geübtes Auge den entsprechenden Lichtpunct im Photometer überhaupt wahrnehmen konnte. Die Abweichungen der übrigen Verhältnisszahlen von der Einheit sind durchschnittlich nicht grösser als der Beobachtungsfehler, indess meist positiv. Der Grund davon ist ohne Zweifel nicht in der Ungültigkeit des Talbot'schen Satzes allein zu suchen, sondern zum Theil darin, dass die beiden zu vergleichenden Lichtpuncte bei ungehindertem Durchgang des Lichts nicht genau gleich gemacht waren, wie bei obiger Berechnung vorausgesetzt ist; die unter V gegebenen Zahlen wären demnach sämmtlich noch mit dem Verhältniss der Lichtintensitäten der beiden Lichtquellen zu multipliciren. Auch in den folgenden Versuchen hatte ich mich nicht besonders bemüht, die beiden Lichtquellen absolut gleich zu machen [1]), da es doch kaum gelingt; es liegen daher die mit V bezeichneten Zahlen in den verschiedenen Beobachtungs-

1) Eine vollständige Gleichstellung hätte sehr viel Zeit erfordert; es kam mir aber darauf an, eine ganze Versuchsreihe, mit gegen 250 Beobachtungen, ohne Unterbrechung fertig zu bringen; beides zugleich war nicht möglich.

Sector	0,00329	0,00806	0,01705	0,02201	0,0304	0,0497	0,0599	0,08387	0,125	0,125	0,1666	0,5
F.	+0,374	+0,009	−0,050	−0,020	+0,028	+0,007	+0,030	−0,056	+0,084	−0,027	+0,031	−0,018
M. F.	0,081	0,079	0,077	0,067	0,034	0,032	0,039	0,042	0,038	0,027	0,065	0,045

reihen durchschnittlich bald etwas über, bald etwas unter 1; das Talbot'sche Gesetz ist ja auch erwiesen, wenn sich zeigt, dass das Verhältniss der beobachteten Helligkeit zu der der Sectorenbreite ein constantes, nämlich gleich dem der beiden Lichtquellen ist. Dieses Verhältniss wird mit grosser Annäherung gleich dem arithmetischen Mittel der unter V gegebenen Einzelverhältnisse sein. Berechnen wir dieses Mittel[1]), so werden uns die Differenzen der Einzelwerthe vom Mittel ein Maass geben für die Grösse der Abweichungen unserer Beobachtungsresultate von dem Talbot'schen Gesetz. Diese Abweichungen (F) wollen wir nebenstehend noch einmal zusammenstellen mit den mittlern Beobachtungsfehlern.

Nach den Principien der Wahrscheinlichkeitsrechnung[2]) ergibt sich aus den unter F gegebenen Einzelabweichungen vom Gesetz der mittlere Fehler einer einzelnen Beobachtungsreihe aus $MF = \sqrt{\frac{\Sigma F^2}{m}}$ zu 0,0345, der wahrscheinliche Fehler WF = 0,67449 . MF zu 0,0233, der wahrscheinliche Fehler aus der Combination aller obigen Werthe aus $W = \frac{WF}{\sqrt{m}}$ zu 0,007, wenn m die Anzahl der Einzel-F bedeutet. Jedenfalls ergibt sich aus der Tabelle, dass, mit Ausnahme der ersten, der mittlere relative Fehler der Beobachtung durchweg grösser ist, als die relative Abweichung vom Talbot'schen Gesetz; letzteres ergibt sich also aus unseren Versuchen als richtig. Die graphische Darstellung, Taf. XII, lässt den Grad der Uebereinstimmung einfacher überblicken. Es sind die beobachteten scheinbaren Helligkeiten als Function der Sectorenbreiten aufgezeichnet; nach Talbot's Gesetz musste die Curve eine, unter 45° gegen die Axe geneigte Gerade sein.

1) Mit Ausschluss des ersten, oben gegebenen Werthes, als einer unsicheren Grösse.

2) vgl. Hagen, Grundzüge d. Wahrscheinlichkeitsr., 3. Aufl., p. 72.

In ähnlicher Weise, wie die oben angeführte, wurden noch viele Versuchsreihen gemacht, aus welchen ich im Folgenden nur noch die Resultate anführen will. Die Bezeichnungen sind dieselben, wie oben.

Nro. 2.

Ber.	0,00329	0,00806	0,0170	0,0229	0,0304	0,0427	0,0599	0,0838	0,124	0,165
Beob.	0,00398	0,0837	0.0183	0,0229	0,0335	0,0434	0,0598	0,0854	0,123	0,159
V.	1,20	1,04	1,08	1,00	1,10	1,02	1,00	1,02	1,00	0,963
F.		0,00	+0,04	−0,04	+0,06	−0,02	+0,04	−0,02	−0,04	−0,08
M. F.	0,08	0,075	0,045	0,039	0,038	0,034	0,038	0,044	0,041	0,051

Nro. 3.

Ber.	0,00329	0,00806	0,0170	0,0220	0,0304	0,0427	0.0599
Beob.	0,00356	0,00707	0,0155	0,0196	0,0264	0,0365	0,0527
V.	1,09	0,878	0,911	0,890	0,870	0,855	0,878
F.		−0,002	+0,035	+0,011	−0,011	+0,025	−0,02
M. F.	0,11	0,057	0,061	0,056	0,048	0,040	0,057

Nro. 4

Ber.	0,0049	0,0085	0,0175	0,0223	0,0319	0,062	0,125	0,165
Beob.	0,0050	0.0160	0,0195	0,0240	0,0355	0.0663	0,131	0,173
V.	1,02		1,11	1,08	1,11	1,07	1,05	1,08
F.	−0,05		+0,04	+0,01	+0,04	0,00	− 0,02	+0,01
M. F.	0,12	0,055	0,047	0,041	0,047	0,053	0,04	0,02

Nro. 5.

Ber.	0,00329	0,00806	0,0170	0,0220	0,0304	0.0427	0,0529	0,0838	0,124	0,161
Beob.	0,00340	0,00892	0,0173	0,0229	0,0325	0,0452	0,0616	0,0795	0,111	0,161
V.	1,20	1,107	1,018	1,04	1,07	1,06	1,16	0,960	0,90	0,951
F.	+0,168	+0,075	−0,014	+0,008	+0,038	+0,028	+0,128	−0,072	−0,132	−0,052
M. F.	0,20	0.145	0,052	0,030	0,05	0,044	0,02	0,038	0,044	0,051

Die Mittelwerthe von V sind in Nr. 2 1,04, in Nr. 3 0,880, in Nr. 4 1,075, Nr. 5 1,03.

Aus den Tabellen 1—4 ergibt sich, dass die Abweichungen vom Talbot'schen Gesetz durchweg kleiner bleiben, als der Beobachtungsfehler; nur für die zuerst aufgeführte Scheibe mit dem Sector 0,0329 ergibt sich eine grössere Helligkeit, als dem Talbot'schen Gesetz entsprechen würde; ich habe mich nun aber überzeugt, dass dies von einer unrichtigen Bestimmung der Sectorenbreite herrührt. Nachdem nämlich die Scheibe mehrmals gebraucht worden war, ohne dass die Breite des Ausschnitts neu bestimmt wurde, ergab eine neue Messung statt 0,00329 den in No. 4 angegebenen Werth 0,0049, also eine sehr starke Veränderung; diese mochte daher rühren, dass sich die Scheibe, welche aus weicherm Papier bestand als die übrigen, während des Gebrauchs verbogen hatte; wahrscheinlich wurde sie durch die Rotation selbst deformirt, so dass die richtige Breite kaum zu

finden gewesen wäre. Etwas Aehnliches ist wohl in No. 4 mit der 2. aufgeführten Scheibe der Fall gewesen, oder es hat dort eine Verwechslung der Scheibenbezeichnung stattgefunden[1]).

Grössere Abweichungen zeigen sich in No. 5. Für die ersten 7 beobachteten Helligkeiten ist V grösser als 1, für die 3 letzten kleiner, unter sich stimmen die Werthe der beiden Partien gut überein. Nun steht aber im Versuchsprotocoll gerade bei derjenigen Scheibe, welche zuerst einen zu kleinen Werth gab, die Anmerkung, dass die Flamme gestiegen sei[1]). Die intensivste Stelle der Flamme, welche vor der einen Oeffnung E stund, war gestiegen und konnte wohl noch in den einen Tubus ihr Licht senden, in den andern nicht mehr. Durch die Versuchsanordnung war wohl die Aenderung der Intensität der Lichtquelle, nicht aber deren Verschiebung, unschädlich gemacht.

Mit Berücksichtigung dieser Fehlerquelle ergibt sich aus unsern Versuchsreihen, dass nach obiger Tabelle nach jeder Einzelbestimmung das Talbot'sche Gesetz bis nahe 1% richtig ist. Nun liegen aber Helligkeitsunterschiede von 1% der Unterschiedsempfindlichkeit nahe und wenn wir erst die wahrscheinliche Abweichung vom Gesetz berechnen aus der Combination aller zu einer Versuchsreihe gehörenden Bestimmungen, so ergibt sich dieselbe noch kleiner, als 1%, und wir können daher als schliessliches Resultat aller angestellten Versuche behaupten, dass die Abweichungen vom Talbot'schen Gesetz wahrscheinlich kleiner sind, als die kleinsten Helligkeitsunterschiede, die wir wahrnehmen können, also kleiner, als dass wir sie mit unsern Organen constatiren könnten. Als Beleg für diesen Satz lasse ich hier die Zusammenstellung der, wie oben erwähnt, nach der Theorie der kleinsten Quadrate berechneten, mittlern Fehler MF, der wahrscheinlichen Fehler aus einer Beobachtungsreihe (W) und der, aus der Combination aller Einzelwerthe einer Versuchsreihe sich ergebenden wahrscheinlichen Fehler WF[1]) folgen.

1) Aus dem Gedächtniss kann ich den Fehler nicht aufdecken, da die Versuche in den Jahren 1875—1876 angestellt wurden; im Versuchsprotocoll ist nichts angegeben.

2) Es war dies immer Abends der Fall, wenn der Gasdruck zunahm.

3) Die nach dieser Methode bestimmten mittlern Fehler, die wahrscheinlichen Fehler der Einzelbestimmung und die aus der Combination aller Einzelbestimmungen sich ergebenden wahrscheinlichen Fehler hat auch Zöllner als Maass der Genauigkeit seiner Beobachtungen angegeben.

	Nro. 1	Nro. 2	Nro 3	Nro. 4	Nro. 5
M. F.	0,0345	0,0435	0,0198	0,0317	0,06831
W. F.	0,0233	0,0293	0,0151	0,0212	0,0594
W.	0,007	0,0097	0,008	0,0085	0,0187

Durch diese Resultate sind denn nun auch die vielfachen Consequenzen, die aus Talbot's Gesetz gezogen werden, als gesichert zu betrachten.

5.

Zur Kritik der benutzten photometrischen Methode sei noch Folgendes bemerkt: Das Zöllner'sche Photometer unterscheidet sich in einem principiell wichtigen Punkt von den übrigen. Bei photometrischen Messungen werden dem Auge zur Vergleichung 2 beleuchtete Flächen dargeboten, deren einer Helligkeit so lange variirt wird, bis beide dem Auge gleich hell erscheinen; dabei wird als wesentliche Bedingung der Genauigkeit der Messung betrachtet, dass die zu vergleichenden Flächen einander längs einer Linie berühren, so dass die Vergleichung bei unbewegtem Auge gewissermassen mit der gleichen Netzhautstelle ausgeführt werden kann. Diese Bedingung ist bei Zöllner's Photometer nicht erfüllt, die zu vergleichenden Lichtpnnkte befinden sich in einem merklichen Winkelabstand von einander, sodass Blickbewegungen bei der Vergleichung ausgeführt werden müssen. Eine nähere Betrachtung der Beobachtungsweise zeigt nun, dass man eigentlich nicht direkt, sondern mit dem Gedächtniss vergleicht. Eine Zeit lang wird der eine Punkt fixirt, dann der Blick auf den andern gewendet; während der Blickbewegung fällt die Erregung nach Exner's Curve rasch bis zu einem bestimmten Werth ab und steigt dann wieder, wenn das Bild des andern Punkts auf die gleiche Netzhautstelle fällt. Die Helligkeiten können also nicht direkt verglichen werden, sondern zwischen beiden liegt immer ein Nachbild, sodass man aus der Erinnerung vergleichen muss, wenn man nicht im indirekten Sehen beobachten will. Danach scheint die Empfindlichkeit der in Zöllner's Photometer verwirklichten Methode eine geringere sein zu müssen als bei Anwendungen von solchen Methoden, welche vom oben erwähnten Princip Gebrauch machen. Die Erfahrung bestätigt diesen Schluss. Als Maass der Empfindlichkeit der Methode kann man ansehen den mittlern Fehler der einzelnen Beobachtungen. Zöllner findet

denselben aus seinen Beobachtungen[1]) unter verschiedenen Beobachtungsbedingungen variirend von 0,024 bis 0,046, oder durchschnittlich zu etwa 3%, während bei Vergleichuug zweier unmittelbar an einander gränzenden Flächen der grösste, nicht mehr wahrnehmbare Unterschied bis zur Unterschiedsempfindlichkeit, also bei günstigen Helligkeiten bis ½%[2]) heruntergehen müsste. Berechne ich aus meinen Versuchen jenen mittlern Fehler, so wie es Zöllner gethan hat[3]), nach der Formel: $MF = \sqrt{\frac{\Sigma(F^2)}{m}}$, wo F den relativen Fehler der einzelnen Beobachtung, m die Zahl derselben bedeutet, so ergibt sich ein mittlerer Fehler für die mittlern Helligkeiten von 4—7%, also ein fast doppelt so grosser wie bei Zöllner's Messungen; es erklärt sich diess aus den complicirteren Versuchen und der Anwesenheit von mehr Fehlerquellen, als in Zöllner's Beobachtungen; dass nicht eine geringe Empfindlichkeit meines Auges der Grund dieses grössern mittlern Beobachtungsfehlers ist, kontrollirte ich dadurch, dass ich sie direkt bestimmte. Indem ich bei diffuser Tagesbeleuchtung eine weisse Scheibe, auf welcher ein schwarzer unterbrochener Strich von bestimmter Breite als Radius gezogen war, rotiren liess[4]), so dass Ringe von abnehmender grauer Nuance entstanden, fand ich, dass ich noch einen Ring unterscheiden konnte, dessen Helligkeit etwa um $\frac{1}{170}-\frac{1}{180}$ von der des begrenzenden Weiss verschieden war; die Unempfindlichkeit ist also nicht im Auge, sondern in der angewandten Versuchsmethode zu suchen.

Eine photometrische Methode ist angegeben worden, durch welche die Empfindlichkeit den Schwellenwerth der Unterschieds-

---

1) Photometrie des Himmels, p. 26—31.

2) Aubert, Physiologie der Netzhaut, p. 56. Helmholtz physiologische Optik 311. Für Weiss scheint die maximale Unterschiedsempfindlichkeit bei $\frac{1}{160}-\frac{1}{170}$ für gute Augen zu liegen. Lamansky (Archiv für Ophthalm. XVII) findet für Grün $\frac{1}{273}$, ebenso Dobrowolsky für Violett $\frac{1}{267}$.

3) In obigen Tabellen ist einfach das arithmetische Mittel aus den einzelnen Beobachtungsfehlern genommen, was einen kleinern mittlern Fehler ergibt.

4) Vergleiche die betreffende Methode Helmholtz, phys. Opt. 311.

empfindlichkeit erreicht, von Wild[1]). Bei diesem Apparat hat das Auge das Verschwinden feiner, schwarzer Interferenzstreifen auf hellem Grund zu controlliren, es ist also die Bedingung erfüllt, dass beim Beobachten keine Blickbewegungen gemacht werden müssen; die zu vergleichenden Stellen grenzen an einander. Nach dieser Methode sollen die Messungen für die einzelnen Beobachtungen bis $\frac{1}{200}$ genau sein (p. 267. Die Angabe scheint sich auf eine einzige Beobachtung zu beziehen.), es wird also die Unterschiedsempfindlichkeit erreicht. Ueber die Empfindlichkeit des von Glan[2]) construirten Photometers liegen noch keine Daten vor, Beobachtungen, welche von Trannin nach einer, der Wild'schen analogen Methode angestellt waren und sich auf die Unterschiedsempfindlichkeiten in verschiedenen Stellen des Spectrums beziehen, waren mir nicht zugänglich[3]). Wollte man bei photometrischen Messungen eine Genauigkeit erreichen, welche noch grösser ist, bei welcher also die Fehler der einzelnen Beobachtung unter die Unterschiedsempfindlichkeiten gehen, so müssten die zu vergleichenden Helligkeitsunterschiede gewissermassen durch den Apparat erst multiplicirt werden.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich, dass die Anwendung von Zöllner's Photometer zu meinen Versuchen nicht gerade besonders geeignet war. Das Instrument ist für astrophotometrische Messungen construirt und durch diesen seinen Zweck die Einrichtung desselben bedingt; ich habe es bei meinen Versuchen angewendet, weil es das einzige Photometer war, das mir zur Verfügung stand und zweckdienlich schien. Die Richtigkeit des Talbot'schen Gesetzes glaube ich mit demselben erwiesen zu haben.

---

1) Pogg. Ann. Bd. 99. Ueber ein neues Photometer und Polarimeter pag. 267.

2) Pogg. Ann. der Physik und Chemie von L. Wiedemann, neue Folge, Band I.

3) Journal de physique V.

II. Ueber das psychophysische, resp. Weber'sche Gesetz.

1.

In den Versuchen über das Talbot'sche Gesetz wurden aus den Beobachtungen die Resultate in einer Weise berechnet, welche gestattet, jeweilen den mittlern Beobachtungsfehler zu bestimmen. Die Kenntniss des letztern war nothwendig behufs Vergleichung desselben mit den Abweichungen vom untersuchten Gesetze; sie war mir auch noch aus einem andern Grunde wichtig: es soll nämlich die Bestimmung relativer, mittlerer Beobachtungsfehler nach Fechner, Volkmann und Andern eine wichtige Methode zur Untersuchung des psychophysischen, resp. des diesem zu Grunde liegenden Weber'schen Gesetzes abgeben, deshalb sollen diese relativen Fehler aus der angegebenen Beobachtungsreihe in folgender Tabelle noch ein Mal übersichtlich zusammengestellt werden.

Nro.	$\frac{1}{264}$	$\frac{1}{132}$	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{48}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{2}$
1	0,081	0,079	0,077	0,067	0,034	0,032	0,039	0,042	0,038	0,065	0,045
2	0,080	0,075	0,045	0,039	0,038	0,034	0,038	0,044	0,041	0,051	
3	0,110	0,057	0,061	0,056	0,048	0,040	0,057				
4	0,102	0,055	0,047	0,041	0,047	0,053	0,040	0,020			
5	0,150	0,145	0,057	0,030	0,050	0,044	0,020	0,038	0,044	0,080	
M.	0,104	0,081	0,056	0,046	0,044	0,040	0,039	0,038	0,041	0,055	0,043

Aus den unter M gegebenen Mittelwerthen der relativen Fehler ergibt sich, dass dieselben bei kleinen Helligkeiten grösser sind als bei mittlern und stetig abnehmen[1]); betrachtet man sie als Maass der Unterschiedsempfindlichkeit, so müssten sie, um Weber's Gesetz zu entsprechen, unabhängig sein von der Helligkeit; die Abweichung von der Constanz geht im gleichen Sinne, wie sie Aubert[2]) und Andere in ausgedehnterer und nach anderer Methode angestellten Versuchsreihen für die Unterschiedsempfindlichkeit angeben. Bisher lagen noch keine Angaben über die Unterschiedsempfindlichkeit für nach einander folgende Gesichts-

1) Dasselbe findet Zöllner, a. a. O., p. 32, aus seinen reichhaltigen Beobachtungsjournalen würden wohl noch viele Angaben dieser Art gezogen werden können.

2) Phys. der Netzhaut Cap. III.

reize vor, es müssten desshalb die obigen Zahlen noch ein besonderes Interesse beanspruchen, da, wie oben angegeben, die benutzte photometrische Methode nur successive Vergleichung der beiden Helligkeiten zulässt.

Nun scheint mir aber die oben gemachte Voraussetzung, dass die mittlern, relativen Beobachtungsfehler als Maass der Unterschiedsempfindlichkeit angesehen werden können, nicht nur unerwiesen, sondern geradezu unrichtig, und damit müsste ich die Methode der mittlern Fehler überhaupt, welche Fechner[1]) als eine der zuverlässigsten betrachtet, als nicht stichhaltig betrachten. In dieser Anschauung wurde ich bestärkt durch die Argumentationen, welche Dr. E. Müller in seinem Buche „zur Grundlegung der Psychophysik" in der Kritik der Methode der mittlern Fehler[2]) angestellt hat; ich muss seine Behauptung, dass zur Zeit eine Beziehung zwischen mittlern relativen Beobachtungsfehlern und Unterschiedsempfindlichkeit nicht angegeben werden kann, für meine Versuche dahin verstärken, dass zwischen jenen Grössen jedenfalls keine allgemein gültige Beziehung existirt, wie es der Fall sein müsste, wenn die Unterschiedsempfindlichkeit dem relativen Fehler wenigstens proportional wäre (wie es Fechner annehmen muss, wenn er nicht beide gleichsetzen will).

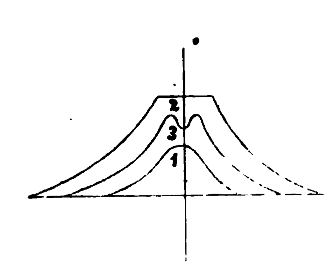
Sucht man 2 Helligkeiten einander möglichst gleich zu machen, so wird man grössere und kleinere Einstellungsfehler machen. Die kleinsten Fehler sind kleiner als die Unterschiedsempfindlichkeit, da letztere einen bestimmten endlichen Werth hat.

Die grössern gemachten Fehler werden die Unterschiedsempfindlichkeit erreichen, oder den mittlern Werth derselben überschreiten (wenn man annimmt, dass die Grösse kleinen Schwankungen unterliegt). Nimmt man nun schlechtweg das Mittel aus allen Fehlern und zwar in Versuchen mit verschiedenen Reizgrössen, so würde dieses Mittel nur dann eine constante Beziehung zur Unterschiedsempfindlichkeit haben, also als deren Maass dienen können, wenn die Abhängigkeit der Häufigkeit der Fehler von ihrer Grösse durch ein und dieselbe Funktion darstellbar wäre in Versuchen mit verschiedenen Reizgrössen. Das letztere ist nicht

1) Psychophysik p. 72.
2) E. Müller, zur Grundlage der Psychophysik, p. 71.

der Fall, jene Funktion ist sehr verschieden bei verschiedenen Reizgrössen, wie folgende Betrachtung zeigt[1]):

Beobachtet man bei kleinen Reizgrössen, so wird auch der absolute Werth des noch bemerkbaren Unterschieds klein sein, man wird also eine Einstellung nicht mehr verändern, wenn zwischen den zu vergleichenden Grössen kein Unterschied mehr bemerkbar ist, (weil die kleinste ausführbare Aenderung der Einstellung schon wieder eine merkbare Differenz geben würde). Grosse Fehler werden dabei seltener vorkommen, als kleine; die Häufigkeit der Fehler als Funktion ihrer Grösse werde durch Curve 1 der Figur dargestellt.



Anders verhält es sich, wenn man bei Reizen beobachtet, für welche der absolute Werth der nicht mehr bemerkbaren Unterschiede beträchtlicher ausfällt. Vergrössert man, von zu kleinen Werthen der gleich zu machenden Grösse ausgehend, die Helligkeit so lange, bis kein Unterschied mehr merkbar ist und macht man nachher, von zu grossen Werthen ausgehend, eine Einstellung, für welche der Unterschied unmerklich ist, so wird man eine bestimmte messbare (nicht unbeträchtliche) Differenz der Einstellungen beobachten, innerhalb welcher kein Unterschied der zu vergleichenden Grössen merkbar ist. Die Unmerklichkeit erstreckt sich also über eine bestimmte zu beobachtende Breite der Einstellungen. Um den fest zu stellenden Werth möglichst genau zu erreichen, wird man den Intervall irgendwie theilen. Theilt man nach Gutdünken, so wird die schliessliche Einstellung innerhalb jenes Intervalls zufällig sein; halbiert man messend, so werden die Fehler sich näher um den Mittelwerth gruppiren. Die Häufigkeitscurve wird im ersten Fall etwa wie Curve 2 aussehen.

Für mittlere Reizstärken wird man mit den Einstellungs-

1) Daraus ergibt sich, dass die Prinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechnung für diese Art von Beobachtung nicht unbedenklich auf Fehlerrechnung angewandt werden darf; ich habe die bekannten Formeln für die mittlern Fehler oben noch benutzt, weil es die einzigen vorhandenen sind.

änderungen innehalten, sobald kein Unterschied mehr merkbar ist, obschon man sich vom wahren Werth um die Unterschiedsempfindlichkeit entfernt befindet; letztere wird also gar nicht erreicht und die Häufigkeitscurve wird die Gestalt von Curve 3 haben. Die Häufigkeitscurve ist danach sehr verschieden gestaltet für verschiedene Reizstärken und hat es daher keinen Sinn, eine einfache Beziehung zwischen mittlerm Fehler und Unterschiedsempfindlichkeit a priori anzunehmen. Bei verschiedenen Beobachtern und Beobachtungsmanieren werden sich natürlich diese Verhältnisse ausserordentlich verschieden gestalten.

Immerhin halte ich es für wahrscheinlich, dass aus der beträchtlichen Zunahme des Beobachtungsfehlers mit Abnahme der Helligkeit aus meinen Beobachtungen der Schluss zu ziehen sei, dass, wie nach Aubert, die Unterschiedsempfindlichkeit mit der Helligkeit zunimmt, statt, nach Fechner, constant zu bleiben. Jedenfalls ist bei photometrischen Messungen, wohl auch bei vielen astronomischen Beobachtungen, in welchen die persönliche Gleichung eine Rolle spielt, das Resultat zu beachten, dass bei kleineren Reizen die Beobachtungsfehler grösser werden.

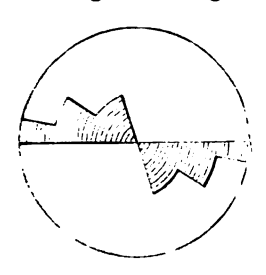
2.

Aus den Versuchen mit intermittirendem Licht lässt sich noch auf eine bisher nicht berücksichtigte Art ein Schluss auf das Verhalten der Unterschiedsempfindlichkeit bei verschiedenen Empfindungsstärken ziehen. Bei regelmässig intermittirendem Lichte wird die Empfindung während des Reizzeitraums um einen bestimmten Werth steigen, während des reizlosen um denselben Werth sinken; die Schwankungen sind, bei constanter Lichtstärke, um so grösser, je langsamer die Intermissionen erfolgen; bei einer bestimmten Rapidität derselben werden die Schwankungen gar nicht mehr bemerkt, der Eindruck wird continuirlich. Kennte man die Umdrehungszeit, für welche dies eintritt und die Curven des An- und Abklingens der Erregung für die betreffende Helligkeit, so liesse sich diejenige Empfindungsschwankung berechnen, welche eben unmerklich ist und welche also dem Schwellenwerth der Unterschiedsempfindlichkeit entspricht.

Nun sind allerdings die oben erwähnten nöthigen Daten für ein und dieselbe Person nicht bestimmt [1]; aber aus den Gleichungen

1) Ueber die Anzahl der Intermissionen, für welche das Flimmern verschwindet, sind die Angaben verschiedener Beobachter zusammengestellt in

der Empfindungscurven, wie sie K. Exner gegeben, aus Talbot's Gesetz und einer von Plateau und Helmholtz angegebenen Beobachtung lässt sich doch durch Rechnung bestimmen, wie die Grösse der eben merklichen Empfindungsschwankung bei Variation der absoluten Empfindungsstärke sich verändert. Jene Beobachtung von Plateau ist folgende [1]: Lässt man Scheiben mit gleicher Sectorenzahl, aber verschiedener Sectorenbreite bei gleicher Beleuchtung rotiren, so ist die Umdrehungsgeschwindigkeit, für welche das Flimmern aufhört, für alle Scheiben dieselbe, also unabhängig von der Sectorenbreite. Auf einer Scheibe, wie sie die folgende Zeichnung zeigt, tritt also auf der ganzen Scheibe das homogene Grau gleichzeitig ein.



Um nun die Empfindungsschwankung zu bestimmen, welche dem Vorübergang eines hellen Sectors entspricht, und bei bestimmter Umdrehungsdauer der Scheibe eben merklich oder unmerklich ist, wollen wir annehmen, dass auch bei intermittirendem Licht die Empfindung längs eines Curvenstücks steige, welches der betreffenden Empfindungshöhe der Exner'schen Curve des Anklingens entspricht, und dass die Geschwindigkeit des Ansteigens während der kurzen Reizdauer [2]) constant bleibe. Die Geschwindigkeit des Ansteigens der Empfindungsintensität ist die Derivirte der Empfindungshöhe nach der Zeit für die betreffende Höhe, also nach der oben gegebenen Gleichung

$$\frac{di}{dt} = A - \frac{A}{h} \cdot i.$$

Multipliciren wir diese Geschwindigkeit mit der dem Vorübergang

Helmholtz phys. Optik p. 344, Aubert phys. Opt. p. 517 und die Abhängigkeit derselben habe ich untersucht in einer Arbeit „Zur Theorie der intermittirenden Netzhauterregung", Zürcher Vierteljahrsschrift 1874,— die Curven des Anklingens sind ausser von Exner noch untersucht von Kunkler, vgl. Pflüger's Archiv Band 9.

1) Helmholtz phys. Opt. p. 344.

2) Dieselbe ist nach meinen Bestimmungen a. a. O. für mittlere Helligkeiten 0,01 sec., die Zeit, welche die Empfindung zur Entwicklung von 0 bis zum Maximum braucht, nach Exner 0,166 sec., erstere also etwa 16 mal kleiner, so dass für dies kleine Curvenstück die Linie als gerade angesehen werden kann.

eines hellen Sectors entsprechenden Zeit, so ergibt sich das Ansteigen der Empfindung. Ist die Umdrehungszeit τ, die Sectorenbreite $= \frac{b}{u}$, wenn b den Bogen des Sectors, u den Scheibenumfang bedeutet, so ist nach **Talbot's** Gesetz zunächst

$$\frac{b}{u} = \frac{i}{h}$$

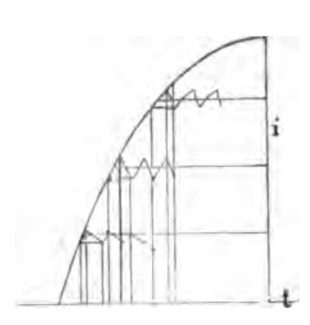
wenn i die resultirende Helligkeit, h die des hellen Sectors bedeutet. Die Durchgangszeit des hellen Sectors ist also

$$\Delta t = \frac{i}{h} \cdot \tau$$

und es ergibt sich daher für die eben merkliche Empfindungsschwankung:

$$\frac{di}{dt} \cdot \Delta t = \left(A - \frac{A}{h} \cdot i\right)\frac{i}{h} \cdot \tau =$$

$$\Delta i = \frac{A}{h} \cdot \tau \cdot i\left(1 - \frac{i}{h}\right).$$



Die Veranschaulichung dieses Resultats der Rechnung gibt die Figur, in welcher für 3 verschiedene Sectorenbreiten, ($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$) bei gleicher Intermissionsdauer der Verlauf der Empfindungsschwankung als Funktion der Zeit dargestellt ist.

Wir treffen hier auf ein sehr merkwürdiges Resultat. Wir haben hier eine Lösung der, in Psychophysik so viel discutirten, fundamentalen Frage vor uns, ob die eben merklichen Empfindungsschwankungen als constant zu betrachten sind, wie **Fechner** annimmt, oder nicht. Nach obiger Formel hängen sie nach einem parabolischen Gesetz von der schon bestehenden Empfindung ab. Interessanter wird dies Resultat noch, wenn wir den relativen Werth dieser eben merklichen Empfindungszuwüchse betrachten. Es ist nämlich aus obiger Formel:

$$\frac{\Delta i}{i} = \frac{A}{h} \cdot \tau\left(1 - \frac{i}{h}\right).$$

Danach nehmen die bewusst werdenden relativen Empfindungszuwüchse mit der absoluten Stärke der Empfindung immer mehr ab, die relative Empfindlichkeit wird also immer grösser. Diess

ist ein Verhalten, wie es Aubert und andere für die nach Fechner definirte „Unterschiedsempfindlichkeit" gefunden haben, d. h. für die eben merkbaren relativen Reizzuwüchse, so dass wir also Parallelismus zwischen physischen und Empfindungs-Actionen hätten.

Da durch diese Betrachtungen ein weiterer Schritt im Gebiet der Seelenthätigkeiten gethan ist, durch Aufstellung einer Beziehung zwischen Empfindungs- und Bewusstseins-Bewegungen, so ist es geboten, die Triftigkeit und Zulässigkeit solcher Betrachtungen in's Auge zu fassen.

Zunächst fragt es sich, ob man überhaupt von andern als bewussten Empfindungen sprechen dürfe, da oben mit eben unmerklichen Empfindungsänderungen von verschiedener Grösse gerechnet wird. Ohne die vollständige Beantwortung der Frage hier gerade versuchen zu können, sei bemerkt, dass unbewusste Empfindungen von Vielen angenommen werden; es sprechen dafür die Unmerkbarkeit des blinden Flecks, das Ueberhören von Geräuschen, das Uebersehen von Nachbildern, entoptischen Erscheinungen, der Wettstreit der Sehfelder, die Thatsache, dass man vom Ansteigen der Netzhauterregung Nichts merkt, also allgemein, dass man von ganz intensiven Empfindungen abstrahiren kann [1]).

Es fragt sich also, ob wir bei rasch genügend intermittirendem Licht überhaupt noch Erregungsänderungen haben, oder ob sich dieselben nicht vielmehr aus irgend welchen physischen Ursachen verwischen [2]). Gegen diese Ansicht könnte angeführt werden die ausserordentlich rasche Reagibilität der Netzhaut, wie wir sie bei instantaner Beleuchtung durch den elektrischen Funken beobachten.

Endlich muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass die obigen Betrachtungen sich eben bloss auf Vorgänge, wie sie rotirende Scheiben geben, angewandt werden können. Aehnliche Untersuchungen nach andern Methoden, oder auf irgend welchen andern Gebieten müssten zur Controle angestellt werden.

Eine solche abgeänderte Methode kann hier gleich angegeben werden. Nach meinen Beobachtungen hängt die Umdrehungs-

---

1) In diesen Beispielen handelt es sich freilich um Empfindungen, welche bewusst werden können, was bei den unmerkbaren Schwankungen aber nicht gilt.

2) Fechner ist nicht der Ansicht, vgl. auch Fick a. a. O. p. 742.

dauer einer Scheibe, für welche das Flimmern eben verschwindet, bei gleich bleibender Sectorenbreite in folgender Weise von der Beleuchtungsstärke ab:

$$\varDelta t = \frac{a}{J + b} + C.$$

$\varDelta t$ bezeichnet die Umdrehungszeit, J die Beleuchtungsstärke, abc Constanten. Kennte man nun noch die Veränderlichkeit der Curven der Netzhauterregung mit der Reizstärke, so liesse sich wieder für verschiedene Helligkeiten die eben merkbare Empfindungsschwankung berechnen. Aus Exner's Angaben zeigt sich, dass die Curven mit abnehmender Helligkeit immer flacher werden; aber formuliren lässt sich die Abhängigkeit noch nicht [1]).

Es möge hier noch eine ungefähre numerische Angabe über die relative, eben merkliche Empfindungsschwankung angeführt werden. Nehme ich an, dass die Empfindungscurve für mein Auge dieselbe Gestalt habe, wie für Exner's, bestimme aus Exner's Zeichnung die Tangenten der beiden Curven in deren halben Höhe (entsprechend dem Sectorenverhältniss ½) und nehme als Rotationsdauer, für welche eine halb schwarze, halb weisse Scheibe ein homogenes Grau gibt, nach meinen Versuchen 0,02 Sec., so berechnen sich die Empfindungsunterschiede, die mir unter den angegebenen Bedingungen gerade bewusst werden, zu etwa 0,01 derjenigen Empfindungsstärke, welche ein, vom diffussen Tageslicht beleuchtetes weisses Blatt Papier gibt.

---

1) So viele Versuche schon mit rotirenden Scheiben gemacht worden sind, so sind doch noch nicht alle Fragen erschöpft, welche mit denselben gelöst werden können. So liesse sich z. B. mit intermittirendem Licht die Bestimmung der Grundfarben und der Wahrscheinlichkeit der neuen Hering'schen Theorien nach folgenden Gesichtspunkten untersuchen: Befinden sich auf 2 Scheibenhälften 2 verschiedene Farben, so wird das Flimmern um so eher, also bei um so langsamerer Drehung verschwinden, als die Farben einander verwandter sind; am schnellsten muss die Scheibe dagegen rotiren für 2 qualitativ von einander am entferntesten Farben, also für Contrastfarben, am schnellsten also, wenn, um mit Hering zu reden, von der einen Scheibenhälfte ein assimilirender, von der andern der entsprechende dissimilirende Process ausgelöst wird, weil dann die Erregungscurven am steilsten steigen und fallen. Die genaue Messung solcher Rotationszeiten ergäbe also nach einer neuen Methode die Lage der Contrast- und Grundfarben.

3.

Ueber das psychophysische Gesetz im Allgemeinen seien mir noch folgende Bemerkungen gestattet. Die Wahrscheinlichkeit des Fechner'schen Gesetzes wird gegenwärtig vielfach bestritten, einmal weil die Grundlage desselben, das Weber'sche Gesetz, durchaus nicht fest begründet ist, und dann auch, weil der Beweis nicht geleistet ist, dass die Schlüsse, welche aus Weber's Gesetz gezogen werden, die einzig möglichen, also nothwendige, sind.

Wenn eine bestimmte allgemein gültige (was wir nicht annehmen) Beziehung zwischen äusserm Reiz und bewusster Empfindung, also gewissermaassen zwischen materiellen Vorgängen und Psyche, gelten soll, so kann diese Beziehung durch verschiedene functionelle Zwischenglieder bedingt sein und bekanntlich dringt Hering auf eine physiologische Auffassung des Gesetzes, wonach jene von Fechner aufgestellte logarithmische Beziehung eher zwischen Reiz- und Sinnesnervenerregung als zwischen letzterer und psychischer Bewegung, wie es Fechner verlangt, zu suchen wäre.

Man kann dieser Auffassung gegenüber noch eine andere aufstellen, welche sich noch enger an die materiellen Vorgänge anschliesst, gewissermaassen eine physikalische Erklärung der psychophysischen Beziehung gibt.

Wird nämlich irgend ein äusserer Reiz auf ein Sinneswerkzeug applicirt, so kommt nicht die ganze objective Reizstärke am betreffenden Sinnesnerven zur Wirkung, sondern der Reiz wird durch den Sinnesapparat selber erst modificirt, z. B. umgewandelt in einen Reiz anderer Qualität und es ist wohl möglich, dass jene functionelle Beziehung, welche das psychophysische Gesetz sucht, schon existirt zwischen dem äussern Reiz und demjenigen, welcher auf den Nerven wirkt. In einzelnen Sinnesgebieten sind diese Vorgänge schon des nähern discutirt, z. B. für Gesichtsempfindungen.

Heutzutage scheint die Ansicht ziemlich allgemein getheilt zu werden, dass ein Lichtreiz im Auge erst in einen chemischen verwandelt werde und diese Anschauung wird gewiss durch die Entdeckung des Sehpurpur nur unterstützt. Der chemischen Zer-

1) Vgl. hierüber die gediegene Arbeit von E. Müller a. a. O.

setzung wirken aber entgegengesetzte Wirkungen entgegen, sogen. restituirende Kräfte, welche in einer Art chemischer Neutralisation der Zersetzungsproducte durch die Ernährungssäfte oder auch in einfacher Diffusion der reizenden Substanz (oder wie man sich das vorstellen will) bestehen können. Diese restituirenden Kräfte scheinen um so grösser zu sein, je grösser der schon bestehende Reiz ist, so dass das Wachsen des letztern bei einer bestimmten erlangten Höhe paralysirt wird. Auf Grund solcher Betrachtungen hat Exner die Curve des Abklingens der Netzhauterregung construirt, und gezeigt, dass ohne Wirkung der restituirenden Kräfte die Erregung längs einer geraden Linie zeitlich ansteigen würde [1]). Dieselben führen auch auf die Gleichung der Curve des Anklingens. Denn bezeichnen wir mit ϱ das Quantum zersetzter, reizender Sehsubstanz, so wird die Zunahme derselben in einer kurzen Zeit, wie auf der photographischen Platte, proportional dieser Zeit sein, das Quantum, das durch die restituirenden Kräfte weggeführt wird, proportional dem schon bestehenden Quantum ϱ und der Zeit dt, so dass wir haben:

$$d\varrho = A \, . \, dt - B\varrho \, . \, dt.$$

Setzen wir der Zunahme der reizenden Substanz die Zunahme der Empfindung proportional, so ergibt sich die mehrmals erwähnte Differentialgleichung der Empfindungscurve:

$$di = \alpha \, d \, . \, \varrho = \alpha \, . \, A \, . \, dt - \alpha \, . \, B\varrho \, . \, dt \quad \text{oder:}$$

$$\frac{di}{dt} + B \, . \, i = A$$

wenn die sämmtlichen Constanten in die beiden A und B zusammengezogen werden. Wenn nun also zwischen dem äussern rohen Reiz und dem auf dem Nerven zur Wirkung kommenden schon jene Beziehung existirt, welche Exner zwischen äusserm Reiz und Empfindung gefunden, so kann man also die Empfindungscurve ableiten unter der Annahme, dass alle Funktionen, welche hinter der am Nerven applicirten Reizung liegen, sämmtlich letzterm parallel gehen, ihm proportional sind, von der Nervenerregung bis zum Bewusstsein. Ich brauche wohl kaum zu erwähnen, dass solche Betrachtungen (obschon sie ebensoviel Berechtigung und Wahrscheinlichkeit in sich tragen, wie die jetzt geläufigen) keine wirkliche Erklärung bilden, sondern nur den Hinweis darauf ent-

---

1) Pflüger's Archiv 3.

halten sollen, dass, bevor man psychophysische Funktionen sucht, vorerst untersucht werden muss, wie ein äusserer Reiz modificirt wird, ehe er auf den zu reizenden Nerven trifft. Wenn ein Druck auf die Haut vermehrt wird, so braucht die Druckvermehrung am nächst gelegenen Tastnerven gar nicht nothwendig gleich der auf die Haut ausgeübten zu sein. Es wäre dies nur dann der Fall, wenn die einen normalen Druck fortpflanzenden Partien starr oder doch incompressibel wären; sie sind aber elastisch und vielleicht erklärt sich daraus das Weber'sche Gesetz. Im Gebiet der Tonempfindungen liegen solche Modificationen der äussern Reize besonders nahe, wenn man bedenkt, durch welch complicirten Apparat die Schallwellen erst auf die Membrana basilaris geleitet werden [1]). Aehnliche Beziehungen liessen sich wohl noch auf anderen Gebieten der Sinneswahrnehmung geltend machen. Das psychophysische Problem bleibt natürlich doch bestehen [2]), aber ehe es gelöst werden kann, müssten derartige Präliminarfragen untersucht werden.

3) Ueber Wettstreit der Sehfelder.

Bei optischen Beobachtungen hatte ich vielfach die Bemerkung zufällig gemacht, dass, wenn das Versuchsauge, behufs Schonung, geschlossen wurde, dann im Gesichtsfelde des andern, offnen Auges, welches hell beleuchtete Objecte betrachtete (etwa beim Ablesen, Aufschreiben etc. benutzt wurde), das negative Nachbild des Versuchsauges zu sehen war; dasselbe tritt also in Wettstreit mit dem Bild des sehenden Auges. Die Erscheinung war mir interessant,

1) Warum man die Beziehung zwischen Tonintervallen und Schwingungszahlen mit in die psychophysischen Betrachtungen hineinzieht, ist mir nicht recht verständlich, weil doch sonst das psychophysische Problem sich um die Intensitätsverhältnisse von Reiz und Empfindung dreht, während jene qualitative Verhältnisse darstellen. Ein höherer Ton ist nicht auch ein stärkerer; durch Mitberücksichtigung solcher Beziehungen würde das psychophysische Problem erweitert.

2) Der Psychophysiker kann sich auch auf den Standpunkt stellen, einfach nach der Beziehung zwischen äusserer physischer Bewegung (mit Abstraction von nervösen Vermittelungen) und psychischer Bewegung und der Zweckmässigkeit dieser Relation zu fragen; dann folgen aber jene Betrachtungen als physiologische Erklärung.

weil ich geglaubt hatte, dass Wettstreit nur bei nahe gleich starken Erregungen beider Netzhäute eintrete. Folgende Beobachtungen zeigten nun aber, dass Nachbilder wirklich mit den direkt gesehenen Bildern des andern Auges ziemlich leicht in Wettstreit treten können. Betrachtet man mit einem Auge ein Object, z. B. eine Scheibe mit Sectoren so, wie wenn man ein Nachbild erzeugen will, während gleichzeitig das andere Auge verdeckt ist, zieht dann plötzlich die betrachtete Scheibe weg, schliesst das offene Auge und öffnet das geschlossene, so sieht man nach einiger Zeit, 1—2 Min., das Gesichtsfeld des offenen, den leeren Grund fixirenden, Auges sich mit Dunkelroth überziehen und aus dem Dunkel das negative Nachbild des andern Auges auftreten; nach einiger Zeit verschwindet es wieder, kommt dann wieder in dem bekannten, von Plateau zuerst betrachteten, Rhythmus, der um so regelmässiger ist, je ruhiger man ist. Ich kann dieses Nachbild mehr als 4 Mal auftreten sehen. Dass man es wirklich mit dem Nachbilde des geschlossenen Auges zu thun hat, lässt sich des genauern dadurch zeigen, dass man bei divergirender oder paralleler Sehaxenstellung beobachtet; das auftretende Nachbild liegt dann immer in der Axenrichtung des geschlossenen Auges, nicht des offenen. Ich hatte in kurzer Zeit in der Beobachtung solcher Nachbildwettstreite so viel Uebung erlangt, dass ich Nachbilder mit dem andern offnen Auge fast so gut sehe wie nach der gewöhnlichen Methode.

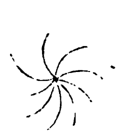
Durch solche Beobachtungen scheint mir die Frage über binoculare Farbmischung ziemlich einfach lösbar, indem man die zu beobachtenden Nachbilder auf farbigem Grunde beobachtet. Ich habe nie Farbenmischung beobachten können, das Nachbild verdrängte das direkt gesehene, trotz dessen grösserer Intensität, ganz oder partienweise.

4) Ueber Scheinbewegungen.

Nachdem ich Scheinbewegungen zuerst vielfach auf Eisenbahnen, Schiffen etc. beobachtet, bemerkte ich, dass dieselben auch zu sehen sind im Nachbilde oder mit dem Auge, welches während der Beobachtung der Bewegung geschlossen gewesen; im letzten Fall hätte man also wieder Wettstreit der Sehfelder im Nachbild. Beobachtet man eine rotirende Scheibe, die stark flimmert, so, dass

die Rotationsrichtung noch erkennbar ist, so zeigt das Nachbild Rotation im entgegengesetzten Sinne. Folgende Beobachtung schien mir aber von besonderer Wichtigkeit zu sein: Ich beobachtete mit einem Auge 3 neben einander gestellte Scheiben, von denen die mittlere im entgegengesetzten Sinne rotirte wie die übrigen; bei Fixation einer ruhenden Fläche waren dann die 3 Scheinbewegungen neben einander mit den entgegengesetzten Richtungen deutlich zu erkennen. Um diese Beobachtungen mit Helmholtz[1]) durch Bewegungsimpulse zu erklären, müsste man annehmen, dass sich dieselben auf separate Netzhautstellen erstrecken können, nicht auf das ganze Auge. Auch Scheinbewegungen von Translationsbewegungen erstrecken sich meist auf einzelne Partien, z. B. die obere oder untere Hälfte des Gesichtsfeldes.

Scheinbewegungen können die direkten Beobachtungen von Bewegungen in eigenthümlicher Weise modificiren. Fixirt man z. B. im Centrum eine rotirende Spirale, so dass als Scheinbewegung in einen Punkt sich zusammen ziehende Kreise erscheinen würden, wendet dann den Blick auf den Rand einer grossen mit schwarzen Radien versehenen rotirenden Scheibe, welche flimmert, so erscheint um den Fixationspunkt eine eigenthümliche Figur, etwa von nebenstehender Form, gerade so, als hätte sich die wirklich vorhandene Bewegung der Radien zusammengesetzt mit der Scheinbewegung. Aehnliche Erscheinungen treten auf, wenn man eine rotirende, mit Radien versehene Scheibe im Centrum fixirt und nachher den Blick auf eine Stelle zwischen Centrum und Peripherie einer ähnlichen, aber in entgegengesetzter Richtung rotirenden Scheibe wendet.



1) Phys. Optik p. 603.

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Untersuchungen über die Actionsströme des Nerven. I.

Von

L. Hermann.

---

1. Zwischen zwei Längsschnittspuncten des erregten Nerven entsteht ein doppelsinniger phasischer Actionsstrom, welcher dem Wege der Erregungswelle zuerst gleichläufig, dann gegenläufig ist.

Bernstein ist es bekanntlich gelungen, am Muskel nachzuweisen, dass beim Ablauf einer direct erzeugten Erregungswelle über die Faser derjenige Längsschnittspunct, an welchem sich die Erregungswelle grade befindet, gegen alle übrigen Längsschnittspuncte sich negativ verhält. Vor Kurzem habe ich diesen Satz auch auf die natürlichen Enden des unversehrten Muskels, sowie auf den Fall indirecter Reizung ausgedehnt, und das allgemeine Vorkommen doppelsinniger phasischer Actionsströme an allen unversehrten Muskeln mit Einschluss derjenigen des Menschen nachgewiesen[1]).

Am Nerven war nach den Bernstein'schen Untersuchungen etwas Aehnliches zu erwarten. Indessen hat hier Bernstein Actionsströme nur zwischen Längs- und Querschnitt in Form der negativen Schwankung des Demarcationsstroms nachgewiesen. Indem er aber beobachtete, dass diese Actionsströme mit Verschiebungen des Längsschnittspuncts bei festliegender Reiz- und Querschnittsstelle um so später eintraten, je weiter der Längsschnittspunct von der Reizstelle entfernt war, schloss er, dass auch am Nerven, wie am Muskel eine negative Stelle wellenförmig vorrückt, annähernd mit gleicher Geschwindigkeit wie die Nerven-

1) Vgl. dies Archiv XVI. p. 191, 410.

erregung nach Helmholtz. Indess ist dieser Schluss ein sehr indirecter, da die Verschiebung des Längsschnittspuncts nicht in Einem Versuch stattfand, sondern auf verschiedene Versuche vertheilt war, so dass der Schluss eigentlich nur auf der Uebereinstimmung der unter der Voraussetzung der Welle aus den verschiedenen Versuchen berechneten Fortpflanzungsgeschwindigkeiten beruht. Ich habe aber bei früherem Anlass gezeigt, dass ein Skeptiker aus den Versuchen auch allenfalls herausrechnen könnte, dass die Schwankung erst in dem Momente stattfindet, wo die Erregung den Querschnitt selbst erreicht, und schon damals den Wunsch ausgesprochen, dass es gelingen möge, den directen Beweis für die Negativitätswelle zu führen, nämlich zwischen zwei Längsschnittspuncten des Nerven einen doppelsinnigen phasischen Actionsstrom nachzuweisen [1]).

Höchstwahrscheinlich hat Bernstein selbst bereits mit diesem Versuch, dessen Gedanke ihm nahe liegen musste, sich beschäftigt. Derselbe bietet aber so grosse Schwierigkeiten, dass er wohl Jedem entweder von vornherein hoffnungslos erschien, oder bei etwaiger Ausführung versagte. Bei der grossen Geschwindigkeit der Nervenleitung nämlich sind die Momente, wo die Welle unter zwei Ableitungsstellen hindurchgeht, selbst bei grosser Distanz der letzteren, einander zu nahe, um durch das Rheotom getrennt dargestellt zu werden; macht man ferner die abgeleitete Strecke so lang als möglich (was am Froschnerven übrigens rasch eine Grenze findet), so wachsen die Widerstände, schon ohnehin beim Nerven gross, sehr beträchtlich, und die Wirkungen werden unmerklich, zumal der Versuchszweck möglichste Kürze der Boussolschliessungszeiten erfordert.

Auch ich scheiterte früher stets an diesen Schwierigkeiten, habe sie aber endlich vollkommen überwunden, indem ich erstens die Leitungsgeschwindigkeit des Nerven durch Kälte bedeutend herabsetzte, zweitens ein Packet von 4 bis 6 Ischiadici zum Versuch anwandte. So gelingt der Versuch so sicher wie irgend einer, und gibt genau das erwartete Resultat.

Zur Abkühlung benutzte ich ein dünnwandiges Blechrohr, welches zum Zwecke der Carotidenheizung nach der Angabe von

1) Vgl. dies Archiv IX. p. 33.

Fick und Goldstein angefertigt war[1]); dasselbe ist 37 mm lang, 12 mm dick, hat an beiden Enden geriefte Ansätze zum Anbinden von Kautschuckröhren, und eine longitudinale rinnenförmige Einbuchtung von 3 mm Breite und $2\frac{1}{2}$ mm Tiefe, in welche das Nervenpacket zu liegen kommt. Dies Röhrchen ist gut lackirt. An seine beiden Enden sind Kautschuckröhren angebunden, das eine mit einem Heber endigend. Durch einfache Vorrichtungen kann Wasser von beliebiger Temperatur durch das Röhrchen, ohne die feuchte Kammer zu lüften, geleitet werden. Zur Abkühlung wurde Eiswasser benutzt. Das Röhrchen beschlägt in der feuchten Kammer stark, und muss daher mit Fliesspapier in gewissen Intervallen vorsichtig, d. h. ohne etwas zu verschieben, abgetrocknet werden. Uebrigens erwies sich die Nebenschliessung durch den Beschlag viel weniger störend als ich befürchtet hatte.

Die Reizelectroden waren nackte Zinkdrähte, die secundäre Spirale war ganz aufgeschoben, das erregende Element ein Daniell; ein solcher reicht, da bei meinem Rheotom der Reizstrom in Quecksilber geschlossen wird[2]), also stärker sich entwickelt als bei blossem Drahtcontact, vollständig aus.

Die Reizstrecke rr′ war 4—6 mm lang und befand sich am Wirbelsäulenende der Plexus. Die abgeleitete Strecke war so lang wie irgend möglich, meist zwischen 33 und 37 mm; die eine Ableitung a befand sich 6—8 mm von der Reizstrecke entfernt, die andere b etwa 10—12 mm über dem Kniequerschnitt. Die Ableitung geschah mit Fadenschlingen, welche das Packet der 4—6 Nerven quer umfassten; die Thonspitzen wurden unmittelbar auf die Fadenringe aufgesetzt[3]). An einem der Nerven war jedes-

1) Vgl. Goldstein, Ueber Wärmedyspnoe. Dissert. Würzburg 1871. p. 13 (auch in d. Verh. d. phys.-med. Ges. zu Würzburg N. F. Bd. II).

2) Vgl. dies Archiv XVI. p. 411; als Boussolschliesser habe ich nach du Bois-Reymond's Vorgange nunmehr dünne Kupferblättchen angebracht; das Rheotom geht jetzt so tadellos, dass ich bei mehrwöchentlichem täglichen Gebrauch nicht ein einziges Mal am Quecksilber etwas nachzufüllen brauchte.

3) Unstreitig ist es bei allen galvanischen Versuchen am Muskel oder Nerven vortheilhaft, wenn die Ströme, statt einem einzigen Punkt, der ganzen Circumferenz eines Querschnitts zu-, bezüglich von ihr abgeleitet werden; der Vortheil wird um so grösser, je dicker das Bündel ist, also beim Muskel grösser als beim Nerven, bei einem Nervenpunkt grösser als bei einem einzelnen Nerven. Man könnte nun glauben, ein feuchter Faden sei hierzu,

mal der Unterschenkel erhalten und in einem Stativ befestigt, um die Durchgängigkeit des Nerven für die Erregung zu controlliren.

Die Umdrehungszeit des Rheotoms war in allen Versuchen gleich; genau $6^1/_4$ Umdrehungen erfolgten in jeder Secunde, 1 Theilstrich ($^1/_{100}$ des Umfangs) entsprach also genau 0,0016 Sec.

Aus den zahlreichen Versuchen genügen einige wenige Beispiele, um das Resultat zu illustriren (übrigens enthalten die folgenden Abschnitte dieser Untersuchung beiläufig noch mehr Beispiele). Durchgängig bezeichne ich die von der Reizstelle weg gerichteten (gleichläufigen) Ströme als positiv.

1. Beispiel. 4 Ischiadici, rr' = 5 mm, r'a = 7 mm, ab = 33 mm.

1. Nervenpacket bei gewöhnl. Temp. (19°)		2. Dasselbe abgekühlt.		3. Wieder gewöhnl. Temperatur		4. Abgekühlt		5. Wieder Zimmertemp.		6. Abgekühlt, Richtung des Reizstromes gewechselt		7. Wieder die erste Richtung.	
Theilstrich	Ablenkung.	Th.	Abl.	Th.	Abl.	Th.	Abl.	Th.	Abl.	Th.	Abl.	Th.	Abl.
0	0	0	$+ 1^3/_4$	0	0	0	$+ 1^1/_4$	0	0	0	$+ 1^1/_2$	0	+ 1
1	0	1	$+ 1^3/_4$	1	0	1	0	2	0	2	0	2	0
2	0	2	$+ 1^1/_4$	2	0	2	0	4	0	4	$- ^1/_4$	4	$- ^1/_4$
3	0	3	0	3	0	3	$- ^3/_4$	3	0	3	$- ^1/_2 - ^3/_4$	3	$- ^1/_2 - ^3/_4$
4	0	4	$- ^3/_4$	4	0	4	0	1	0	1	$+ ^1/_2$	1	0
5	0	5	$- ^1/_2$	5	0	5	0					0	0
6	0	6	0										
4	0	4	$- ^3/_4$										
2	0	2	0										
0	0	0	+ 1										

2. Beispiel. 6 Ischiadici, kalt, rr' = 4, r'a = 9, ab = 24 mm. Von b bis zum Ende des Nerven noch 19 mm, an welchen sich polarisirende Electroden befinden (der betr. Versuch wird in der nächsten Abtheilung vollständig mitgetheilt; hier nur der Anfang, welcher gewöhnlichen doppelsinnigen Actionsstrom betrifft).

---

wegen seiner relativen Dünne und seines schlechten Leitungsvermögens ein sehr wenig wirksames Mittel; indess ist zu berücksichtigen, dass der Querwiderstand der Muskeln und Nerven so ausserordentlich viel grösser ist, als der Längswiderstand, dass selbst ein schlechtleitender umspannender Ring von grossem Vortheil sein muss. Dies habe ich namentlich für den Nachweis des Electrotonus am Muskel bewährt gefunden. Also ringförmige Ableitung ist immer vortheilhaft, bei Reizversuchen am Muskel ist es ausserdem bekanntlich vortheilhaft, den Ring durch ein nicht gespanntes Fadenstück mit der Electrode zu verbinden (vgl. dies Archiv XVI. p. 194 f.).

Th.	Abl.
0	$+3^1/_2$
2	$+1$
4	$-\ ^1/_2$
5	0
3	-1
1	$+1$
0	$+2^1/_2$

Die Constanz der Erscheinung springt in die Augen; die erste Phase ist nach einem früher von mir eingeführten Ausdruck dem Wege der Erregungswelle gleichläufig, die zweite gegenläufig[1]). Nur durch Abkühlung erscheinen beide Phasen getrennt, bei gewöhnlicher Temperatur fallen sie zeitlich so zusammen, dass sie nicht dargestellt werden können.

Die zweite (gegenläufige) Phase erscheint regelmässig kleiner als die erste. Man könnte meinen, dies beruhe auf dem Zufall, dass das Maximum der zweiten etwa zwischen zwei Theilstriche hineingefallen sei. Indess in allen Versuchen erscheint die zweite Phase schwächer, und auch dann, wenn man noch die halben Theilstriche abtastet. Allein es wäre durchaus fehlerhaft, etwa hieraus auf ein Decrement der Erregungswelle bei ihrem Ablauf, etwa wie im ausgeschnittenen Muskel, zu schliessen. Ausser durch zahlreiche hiergegen sprechende Thatsachen der allgemeinen Nervenphysik wird diese Annahme sofort dadurch widerlegt, dass, wenn ein Decrement stattfände, zwischen zwei Ableitungsstellen des Längsschnitts beim Tetanisiren des Nerven ein gleichläufiger Actionsstrom auftreten müsste, was bekanntlich nicht der Fall ist. (Dasselbe müsste auch beim Rheotomversuch am nicht abgekühlten Nerven der Fall sein.) Man könnte ferner an eine vom Reizstrom herrührende electrotonische Störung denken; allein die Resultate bleiben genau unverändert, welche Lage eine im primären Kreise des Reizstroms vorhandene Wippe auch haben möge, und diejenigen electrotonischen Wirkungen, die sich durch Stromwendung nicht eliminiren lassen, weil sie vom Ueberwiegen des Anelectrotonus herrühren, müssten, wie man leicht findet, grade die zweite, und nicht die erste Phase verstärken (vergl. auch den Anhang).

---

1) Vgl. dies Archiv XVI. p. 194.

Dagegen lassen sich mehrere sehr plausible Gründe angeben, weshalb die erste Phase grösser sein muss als die zweite. Erstens wird sich weiter unten zeigen, dass letztere durch den Umstand geschwächt wird, dass die Erregung bei a zur Zeit des Beginns derjenigen bei b noch lange nicht abgelaufen ist. Zweitens werden die 4—6 Nerven ganz offenbar nie in genau gleichem Grade abgekühlt; die zu unterst in der Rinne liegenden müssen beträchtlich langsamer leiten als die oben liegenden. Für die nähere Ableitungsstelle a wird dies wenig ausmachen; an der entfernteren aber werden die Erregungswellen zu sehr ungleichen Zeiten eintreffen, und daher der rheotomische Effect viel geringer sein. Um so länger muss, sollte man meinen, die zweite Phase sich hinziehen; in der That habe ich hiervon Andeutungen bemerkt. Dass man es nicht jedesmal constatirt, wird Niemand Wunder nehmen, der alle Bedingungen dieses zarten Versuchs in Erwägung zieht[1]).

Das Maximum der ersten Phase fiel jedesmal auf den Theilstrich 0, oder zwischen 0 und 1[2]); das Maximum der zweiten meist bei 3 oder 4, in manchen Versuchen schon bei 2; auch diese Schwankungen sind durchaus in der Ordnung, da ja die Abkühlung bald mehr, bald weniger ausgiebig ausfallen wird. Es wurde kein Werth darauf gelegt, dieses Maximum jedesmal genau abzutasten, einmal weil der Nerv, bei aller Dauerhaftigkeit seiner Erregbarkeit im Allgemeinen (ausser am Galvanometer auch an den regelmässigen Zuckungen des Probeschenkels constatirt), doch seine Leitungsgeschwindigkeit zu rasch ändert[3]),

1) Die zweite Phase muss eigentlich auch dadurch gegenüber der ersten geschwächt sein, dass die Ableitung a mehr Nervenfasern umfasst, als b; diese Fasern, die den zwischen a und b abgehenden, abgeschnittenen Zweigen entsprechen, tragen zur Phase in a bei, aber nicht in b, da ihre Welle an den Stümpfen erlischt. Da indess a so ziemlich an der Abgangsstelle der Oberschenkeläste liegt, so ist die Anzahl der zwischen a und b abgehenden Fasern gering; auch müsste zwischen a und b ein absteigender tetanischer Actionsstrom auftreten, von dem nichts zu constatiren ist.

2) Der Reizmoment liegt unmittelbar vor dem Nullpunkt.

3) Ausserdem beobachtet man sehr deutliche Ermüdung im Laufe des Versuchs. Ganz im Anfang ist es nichts Seltenes, dass die erste Phase 3—5 Scalentheile beträgt, der gewöhnliche Werth ist 2—3, das erste obige Beispiel ist also keins der besten in Bezug auf Grösse; ich habe es nur deshalb ausgewählt, weil ich in den meisten anderen Versuchen durchweg mit erkälteten Nerven gearbeitet habe.

zweitens weil eben die Lage des Maximums nur in Hinsicht auf eine Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit Bedeutung hätte, letztere aber in den einzelnen Nerven, ja in den einzelnen Fasern desselben Nerven, jedesmal wegen der Ungleichheit der Abkühlung verschieden ist. Berechnet man diese Fortpflanzungsgeschwindigkeit aus meinen Versuchen, so ergiebt sie sich im Mittel (2¼ Theilstriche auf 35 mm Nervenlänge) zu nur 1 Meter für den auf nahezu 0° abgekühlten Nerven; indess wird sich weiter unten zeigen, dass ein aus dem Abstand der Maxima berechneter Werth der Fortpflanzungsgeschwindigkeit nothwendig höchst ungenau ist. Auch hat Helmholtz die Nervengeschwindigkeit durch Kälte nur auf ein Zehntel ihres Werthes, also etwa 2,7 Meter sinken sehen[1]).

Anhang zu §. 1. Ueber electrotonische Wirkungen der erregenden Inductionsströme.

Bei den Versuchen an Froschnerven mischen sich nur selten electrotonische Störungen ein, wenigstens wenn man mit der Ableitungsstelle a nicht zu nahe an die Reizelectroden heranrückt, und sich mit 1 Daniell als inducirender Kraft begnügt. Ich hatte stets, wie schon oben erwähnt, eine Wippe im primären Kreise, und legte dieselbe regelmässig um; die Versuchsresultate wurden dadurch nicht beeinflusst. In wenigen Fällen traten kleine Einflüsse der Stromwendung auf; aber auch hier blieb der Actionsstrom vollkommen deutlich, wenn das arithmetische Mittel beider Ablenkungen genommen wurde. Das merkwürdige Gesetz dieser electrotonischen Störungen trat aber, wenn auch genau in gleichem Sinne, viel deutlicher hervor, wenn ich statt der Froschnerven die beiden Ischiadici eines Kaninchens zum Versuche nahm. Hier waren nämlich die electrotonischen Wirkungen so mächtig, dass sie die Beobachtung des Actionsstroms ganz vereitelten. Ich will einen solchen Versuch mittheilen; die Reizelectroden waren unpolarisirbar.

Beispiel. Zwei Kaninchen-Ischiadici, kalt. 2 Dan. im primären Kreise. Dimensionen: rr' 9, r'a 10, ab 30½, b bis Ende 17 mm. Bei Wippenlage 1 hat der Schliessungsinductionsstrom die Richtung r'r (←), der Oeffnungsstrom die Richtung rr' (→), bei Wippenlage 2 umgekehrt.

---

1) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1850. p. 361.

Th.	Wippenlage 1 (S.-I ← O.-I. →)	Wippenlage 2 (S.-I. → O.-I. ←)	Von hier ab der Reizstrom mit Fadenschlingen zugeleitet. Th.	Wippenlage 1	Wippenlage 2	Nerven in der abgeleiteten Strecke durchschnitten und wieder zusammengeklebt; die Erregungswelle erlischt also zwischen a u. b. Th.	Wippenlage 1	Wippenlage 2	Th.	Wippenlage 1	Wippenlage 2
0	← 9 s	→ 1 s	0	0	→ 3½ s						
2	→ 29 o	← 30 o	2	→ 11 o	← 9½ o						
4	0	0	4	0	→ ½ s	0	← 1½ s	→ 2 s	— 2	0	0
3	→ 4 o	← 5 o	3	→ 1¼ o	0	2	→ 10½ o	← 7½ o	— ½	← 4 s	→ 4½ s
1	← 3 s	→ 4 o	1	→ 2 o	→ 1½ s	4	0	0	— 1½	← 12½ s	→ 12½ s
			0	← 1 s	→ 3 s	3	→ ¾ o	0	+ 1½	→ 14 o	← 16 o
			2	→ 13 o	← 9 o	1	→ 1 o	0	+ 2½	→ 2 o	← 1 o
			1	→ 1½ o	← ¾ o	0	← 1½ s	→ 1 s			
			5	0	0	—1	← 11 s	→ 10½ s			

Die Versuche zeigen, dass die electrotonischen Ablenkungen von Theilstrich — 1½ bis + 1 gleiche Richtung haben mit dem Schliessungsinductionsschlag, von Theilstrich + 1 bis gegen Theilstrich + 4 dagegen mit dem Oeffnungsinductionsschlag (ein beigefügtes kleines s oder o bezeichnet die Richtung, um die Uebersicht zu erleichtern). Bei Theilstrich + 1 findet ein sehr deutlicher Uebergang statt, indem zuweilen nur bei der einen Wippenlage Wirkung stattfindet, oder bei der einen noch der Sinn des Schliessungsstroms, bei der andern schon der des Oeffnungsstroms erfolgt. Die Zeit von — 1½ bis gleich nach 0 entspricht der Dauer des Boussolschlusses, so dass das Resultat auch so ausgedrückt werden kann: fällt die Doppelreizung in die Zeit des Boussolschlusses, so überwiegt die electrotonische Wirkung des Schliessungsinductionsstroms, fällt die Doppelreizung vor den Boussolschluss, so überwiegt die electrotonische Wirkung des Oeffnungsinductionsstroms. Das Maximum der ersteren Wirkung findet statt bei — 1½, d. h. wenn die Reizung mit dem Ende des Boussolschlusses zusammenfällt, das Maximum der zweiten bei + 1½, d. h. wenn der Anfang des Boussolschlusses etwa 1/400 Sec. nach der Reizung eintritt. Dass diese Erscheinung durch die Temperatur nicht beeinflusst wird, zeigt das umstehende Beispiel.

Siehe umstehend.

Eine vollständige Erklärung dieser electrotonischen Erscheinungen würde erst auf Grund einer eigens darauf gerichteten Untersuchung gegeben werden können. Ich habe diese Versuche nur angeführt, um ein vorläufiges Bild der bei den Rheotomversuchen (mit in Quecksilber geschlossenem inducirendem Strom) vorkommenden electrotonischen Störungen zu geben, welche, wie

Beispiel. Zwei Kaninchen-Ischiadici, rr' = 6, r'a = 7, ab = 30, bis zum Ende noch 25 mm. Die Richtung der Inductionsströme wie im vorigen Versuch. Erregender Strom 1 Daniell. Reizelectroden unpolarisirbar.

a. Abgekühlt.			b. Gewöhnliche Temperatur.			c. Electrode a um 15 mm weiter von r' entfernt. (r'a = 22, ab = 15 mm.)		
Th.	Wippenlage 1	Wippenlage 2	Th.	Wippenlage 1	Wippenlage 2	Th.	Wippenlage 1	Wippenlage 2
0	← 1½ s	→ 1½ s	0	← 2 s	→ 1 s	0	0	0
2	→ 7 o	← 5 o	2	→ 7 o	← 6 o	2	→ Spur	0
4	←Spur s	→Spur s	1½	→27 o	←26 o	4	0	0
1	← 2 s	→ 1 s	— 1½	←27½ s	→25 s	3	0	0
— 1	←16 s	→14½ s				1	0	0
— 2	0	0						
0	← 1 s	→ 1 s						
+ 2	→ 7 o	← 7 o						
+ 1½	→27 o	←27 o						

schon bemerkt, am Froschnerven bei zweckmässiger Versuchsanordnung vollständig vermieden werden können, aber, wo sie vorkommen, dasselbe Gesetz wie beim Kaninchennerven zeigen, nur in sehr abgeschwächter Weise. Zugleich zeigen diese Erfahrungen, dass die Kaninchennerven zum Studium der phasischen Actionsströme wenig geeignet sind; doch hoffe ich auch hier noch zum Ziele zu gelangen.

2. Liegt eine Ableitungsstelle am künstlichen Querschnitt, so fällt die zweite Phase des Actionsstromes aus. Kälte zieht den zeitlichen Verlauf der Erregung jedes Nervenelementes bedeutend in die Länge.

Liegt die von der Reizstelle entferntere Ableitungsstelle b nicht am Längsschnitt, sondern am künstlichen Querschnitt, so geht der Versuch in denjenigen über, welchen schon Bernstein am Nerven angestellt hat; allein er lehrt jetzt mehr. Da nämlich bei gewöhnlicher Temperatur die Zeiten, wo die Erregung bei a und b anlangt, durch das Rheotom nicht getrennt werden, so zeigt der Versuch nur die Differenz der electromotorischen Veränderungen an Längs- und Querschnitt an, nicht aber deren Einzelbeträge. Bernstein beobachtete eine einfache negative Schwankung des Längsquerschnittsstroms; dieselbe kann davon herrühren, dass die Erregung nur am Längsschnitt eine Veränderung im negativen Sinne hervorbringt, aber auch davon, dass sie auch den Querschnitt, nur in geringerem Grade als den Längsschnitt, negativer macht als er in der Ruhe ist. Letzteres wäre sogar eigentlich nach Bernstein's Angabe, dass die Erregung auf ihrer Höhe den Nerven-

strom umkehrt, also den Längsschnitt negativer macht als der Querschnitt beständig es ist, das Wahrscheinlichere, denn die am Querschnitt anlangende Welle sollte dann auch dessen Negativität momentan etwas steigern können. Entscheiden lässt sich diese Frage erst am abgekühlten Nerven; es fragt sich also ob der phasische Actionsstrom zwischen Längs- und Querschnitt ebenfalls doppelsinnig ist, wenn auch mit schwächerer zweiter Phase, oder nur Eine Phase hat.

Man kann für diese Versuche natürlich statt den Nerven zu durchschneiden, ihn auch einfach in der abgeleiteten Strecke nahe bei b unterbinden (bei c); die Erregungswellen gehen dann nur bis c, wo sich zwei künstliche Querschnitte compensirend gegenüberstehen, sodass keine künstliche Compensation nöthig ist. Aber nicht in diesem letzteren liegt der Vortheil dieses Verfahrens, sondern in der sehr reinen Querschnittsableitung der erregten Strecke. Für manche Versuche muss aber der Ruhestrom des künstlichen Querschnitts gemessen werden; dann ist natürlich dies Verfahren nicht anwendbar. Um dann ebenfalls ganz reine Querschnittsableitung zu erhalten, benutze ich den von mir zuerst angewandten thermischen Querschnitt, oder ich zerquetsche das Nervenende in einer Strecke von mehreren Millimetern mit einer glatten Backenzange und leite vom zerquetschten Theil ab.

Ich führe aus diesen Versuchen zwei Beispiele an, welche bei der Uebereinstimmung aller vollkommen genügen.

Beispiel 1. 6 Ischiadici, schon zu einer Versuchsreihe mit zwei Längsschnittpunkten benutzt, jetzt bei c unterbunden, kalt. Dimensionen: rr' = 5, r'a = 7, a'c = 38 mm.

Th.	Wippenlage 1	Wippenlage 2
0	+ 2	+ 2
2	+ 1¾	+ 1¾
4	+ Spur	+ Spur
3	+ ½	+ ½
1	+ 2	+ 2
½	+ 2	+ 2
1½	+ 1¾	+ 2
−1	0	0

Beispiel 2. 6 Ischiadici, schon zu einer längeren Versuchsreihe über polarisatorisches Increment benutzt (s. d. folgenden Abschnitt dieser Untersuchungen), kalt; die vorher durchflossen gewesene Strecke abgebunden und zur Ableitung benutzt. Dimensionen rr' = 5, r'a = 5, ac = 37 mm.

Th.	Abl.	
0	+ 2	Wippenlage 1.
2	+ 2½	
4	+ ½	
6	+ ¼	
7	0	
5	+ ¼	Wippenlage 2.
3	+ 2	
1	+ 2½	
0	+ 1½	

Die Versuche lehren vor Allem, dass eine zweite, gegenläufige Phase am künstlichen Querschnitt nicht existirt, d. h. die Erregungswelle hier mit der Grösse Null anlangt. Der Actionsstrom ist also in diesen Versuchen nur eine negative Schwankung des Demarcationsstroms, d. h. ein ausgleichender. Die Negativität der Erregungswelle ist folglich entweder an sich nicht grösser als die des künstlichen Querschnitts (s. hierüber unten) oder sie nimmt bei Annäherung an den letzteren an Grösse ab, was ich schon früher aus gewissen Thatsachen geschlossen habe.

Zweitens deuten die Versuche darauf hin, dass die Kälte den Ablauf der Erregung an der Nervenstelle a sehr beträchtlich in die Länge zieht; sie erstreckt sich von Theilstrich 0 bis gegen 4 oder 6; bringt man von dieser Zeit (etwa 0,008 Sec.) die Dauer des Boussolschlusses (0,0024 Sec.) in Abzug, so berechnet sich die Erregungsdauer zu etwa 0,0056 Sec., d. h. fast das Zehnfache des von Bernstein bei gewöhnlicher Temperatur beobachteten Werthes. Indess schien es unerlässlich hierüber durch directe Vergleichung an demselben Nerven Gewissheit zu suchen. In diesen Versuchen wurde bei völlig reiner Ableitung des Ruhestroms mit thermischem Querschnitt zugleich die Ablenkung durch den Demarcationsstrom genau bestimmt.

Beispiel. 6 Ischiadici. $rr' = 6$, $r'a = 11$, $aq = 26$ mm (bei q thermischer Querschnitt, die Enden der Nerven sind in einer Strecke von 8 mm in heisses Wasser getaucht). Der Demarcationsstrom giebt eine Ablenkung von etwa 250 sc.

1. Gewöhnliche Temperatur. Der Demarcationsstrom giebt bei rotirendem Rheotom eine Ablenkung von 7 sc.			2. Eiskalt. Demarcationsstrom bei Rotation = 3¾ sc.			3. Wieder erwärmt auf etwa 23°. Demarcationsstrom = 5½ sc.		
Th.	Wippenlage 1	Wippenlage 2	Th.	Wippenlage 1	Wippenlage 2	Th.	Wippenlage 1	Wippenlage 2
0	+ 2	+ 2	0	+ ½	+ ½	0	+ 1¾	
2	+ 1¼	+ 1¼	2	+ 1½	+ 1½	2	+ ½	
4	+ ½	+ ½	4	+ 1	+ 1	4	+ Spur	
5	+ Spur	+ Spur	6	+ ½	+ ½	3	+ "	
6	+ "	+ "	8	+ ¼	+ ¼	1	+ 2	
7	+ "	+ "	10	+ Spur	+ Spur	½	+ 1¾	
8	+ "	+ "	5	+ ½	+ ½	0	+ 2	
3	+ ¾	+ ¾	3	+ 1½	+ 1¾	—1	← 3	→ 3
1	+ 2½	+ 2½	1	+ 2	+ 2¼	— ½	+ ¼	+ ½
— 1	0	0	0	+ 1	+ 1	0	+ 1¾	+ 1¾
+ ½	+ 2	+ 2	½	+ 2	+ 2	+3	+ Spur	+ Spur
			— ½	+ ½	+ ½			
			— 1	0	0			

Dieser Versuch, und ebenso die anderen gleicher Art, bestätigt zunächst, dass die Kälte den Ablauf der Erregung in die Länge zieht. Beachten wir die Ausschläge nicht, welche kleiner als $^1/_2$ sind, so ist die Erregung bei gewöhnlicher Temperatur erledigt bei Theilstrich $4^1/_2$, später sogar schon $2^1/_2$, in der Kälte aber erst hinter 6. Bei Theilstrich 3 haben wir in gewöhnlicher Temperatur nur $^3/_4$ oder noch weniger, in der Kälte noch über $1^1/_2$. Ob mit der Verlängerung auch eine Intensitätsverminderung der Welle stattfindet, lassen die Versuche nicht ersehen, zumal da die Temperatur den Widerstand ändert. Auffallend aber ist es, dass auch bei gewöhnlicher Temperatur die Erregung in meinen Versuchen sich viel länger hinzog, als bei Bernstein. Noch bei Theilstrich 8 zeigten sich zweifellose Spuren, obgleich der Haupttheil schon bei 3 etwa erledigt ist; meine Boussolschlussdauer war eher kürzer als bei Bernstein. Wahrscheinlich lässt meine sehr empfindliche Boussole und die Anwendung des Packets von 6 Nerven den letzten Theil der abklingenden Erregung besser erkennen.

Bemerkenswerther ist es, dass es mir nie vorgekommen ist, auf der Höhe der Erregung einen auch nur annähernd so grossen, geschweige denn grösseren Ausschlag zu erhalten, als durch den ruhenden Demarcationsstrom, sodass ich es für wahrscheinlich halte, dass die Negativität der Erregungswelle stets hinter der der absterbenden Substanz am Querschnitt zurückbleibt, oder in der älteren Ausdrucksweise, der Nervenstrom sich bei der negativen Schwankung nie umkehrt. Uebrigens hat schon Bernstein selbst das letztere Resultat seiner Versuche angezweifelt[1]). Für völlig entschieden kann man diese Frage auch jetzt noch nicht ansehen, weil sie strenggenommen eine unendlich kleine Boussolschlussdauer zu ihrer sicheren Beantwortung erfordert.

Kehren wir noch einmal zu den Versuchen des ersten Paragraphen zurück, so ergiebt sich aus den letzterwähnten, dass in dem doppelsinnigen Actionsstrom zweier Längsschnittspunkte beide Phasen mit einem beträchtlichen Theil auf einander superponirt sind. Zu der Zeit wo der Actionsstrom durch Null hindurchgeht, ist die Erregung in a noch lange nicht abgelaufen, die in b hat aber schon begonnen und den gleichen Werth wie in a erreicht. Berücksichtigt man nun, dass die Erregung langsamer schwindet als ent-

1) Dies Archiv VIII. p. 53. Anm.

steht, so folgt hieraus, dass, wie schon oben p. 579 angedeutet, das Maximum der zweiten Phase durch die Superposition jedenfalls stärker erniedrigt wird als das der ersten, welches wahrscheinlich gar nicht tangirt wird, dass es sich ferner stark abflacht, so dass seine wahre Lage unbestimmbar werden kann. Die Geschwindigkeitsmessung aus der Lage der Maxima des doppelsinnigen Actionsstroms ist daher illusorisch, wie schon oben angedeutet.

Die vorstehenden Versuche ergänzen die Bernstein'schen vor Allem in dem wesentlichen Punkte, dass sie zwischen zwei Längsschnittspunkten des Nerven einen doppelsinnigen phasischen Actionsstrom nachweisen, und so den letzten Zweifel beseitigen, dass eine gegen die unveränderte Substanz negative Stelle wellenförmig über den an einer Stelle erregten Nerven abläuft. Ich wurde aber zu diesen Versuchen noch durch eine andere Absicht getrieben, nämlich die, eine Methode zu gewinnen, um den von mir aus zahlreichen Thatsachen abgeleiteten Satz vom Increment der Erregungswelle im polarisirten Nerven einer ganz directen Prüfung zu unterziehen. Diese Untersuchung, welche dem Abschluss nahe ist, wird den Gegenstand einer weiteren Mittheilung bilden.

Zur Lehre vom wechselseitigen Antagonismus zweier Gifte.

(Nachschrift zu Seite 503 dieses Bandes.)

Von

B. Luchsinger.

In einem mir soeben freundlichst zugesandten Aufsatze findet Langley[1]) nach grössten Dosen Pilocarpin eine Lähmung der Speicheldrüsen. Da dasselbe also in gleicher Art wirken könne wie Atropin, so dürfe man nun nicht mehr so bedingungslos von wechselseitigem Antagonismus sprechen, wie ich diess damals in meiner ersten Mittheilung[2]) gethan; vielmehr könne man solchen Antagonismus nur unvollkommen wechselseitig nennen. Werden Kälte und Wärme aufhören, vollkommen wechselseitige Antagonisten zu sein, weil grosse Hitze gleichwie grosse Kälte lähmend wirken?! Nicht wesentlich anders scheint unser Fall zu liegen. Hoffentlich in Bälde mitzutheilende Versuche dürften nähern Aufschluss bringen.

Langley's Prioritätsreclamation erscheint mir, so wie die Sache wirklich liegt, gegenstandslos. Die leider mir damals noch unbekannt gebliebenen Versuche von Langley hätten an meiner Darstellung Nichts Wesentliches ändern können.

Seine Herzversuche stimmen doch ganz überein mit jenen wirklich schon besprochenen Beobachtungen Schmiedeberg's, seine damaligen Speichelversuche waren im Wesentlichen identisch mit jenen Heidenhain's.

Volle Sicherheit und Beweiskraft konnte ich aber Versuchen an unpaaren, noch dazu so complicirten Apparaten, wie das Herz

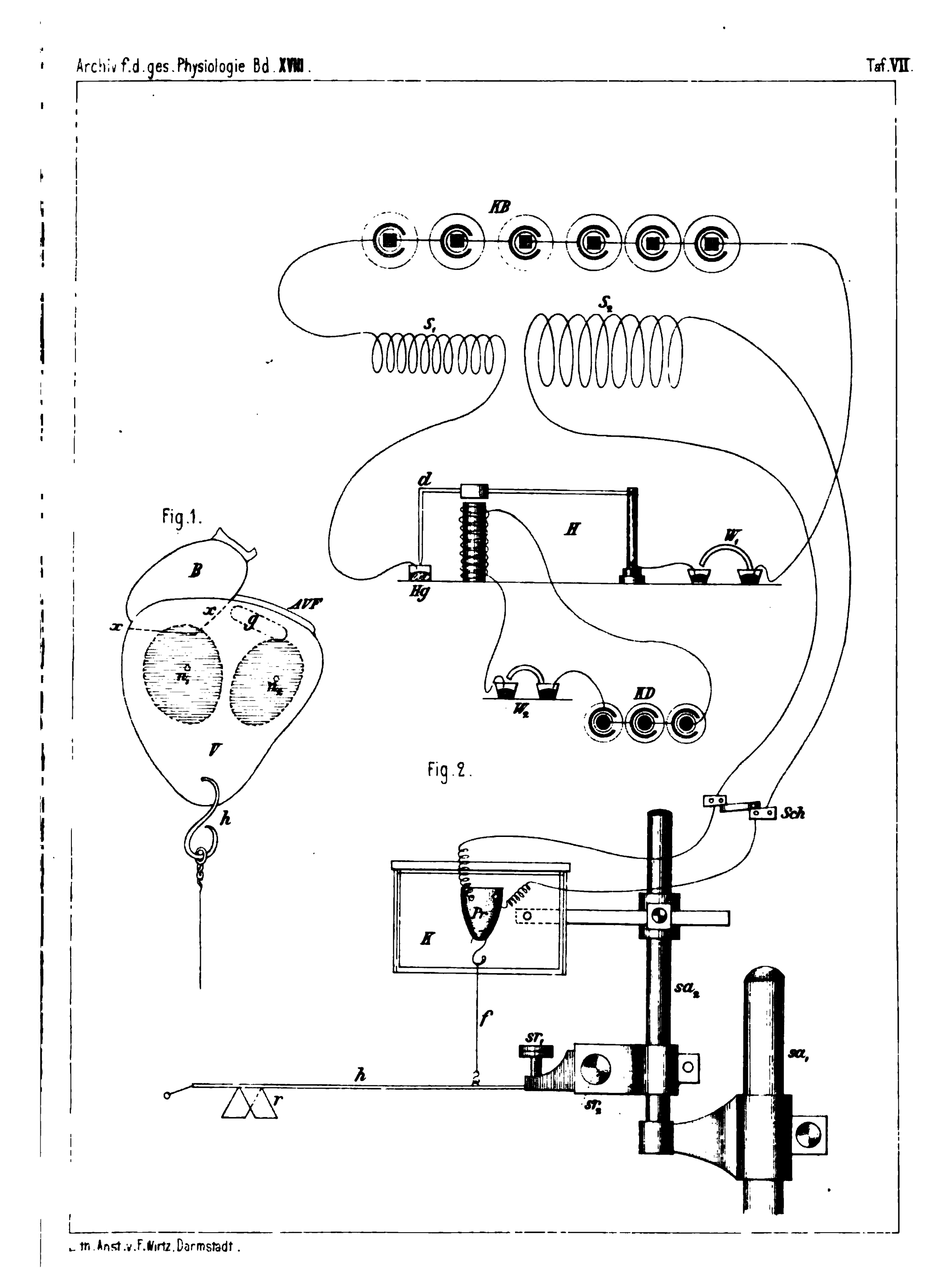
1) Langley, on the mutual Antagonism of Atropin and Pilocarpin, Journal of Physiology I. Nos. 4 and 5.

2) Dies Archiv XV. 482—492.

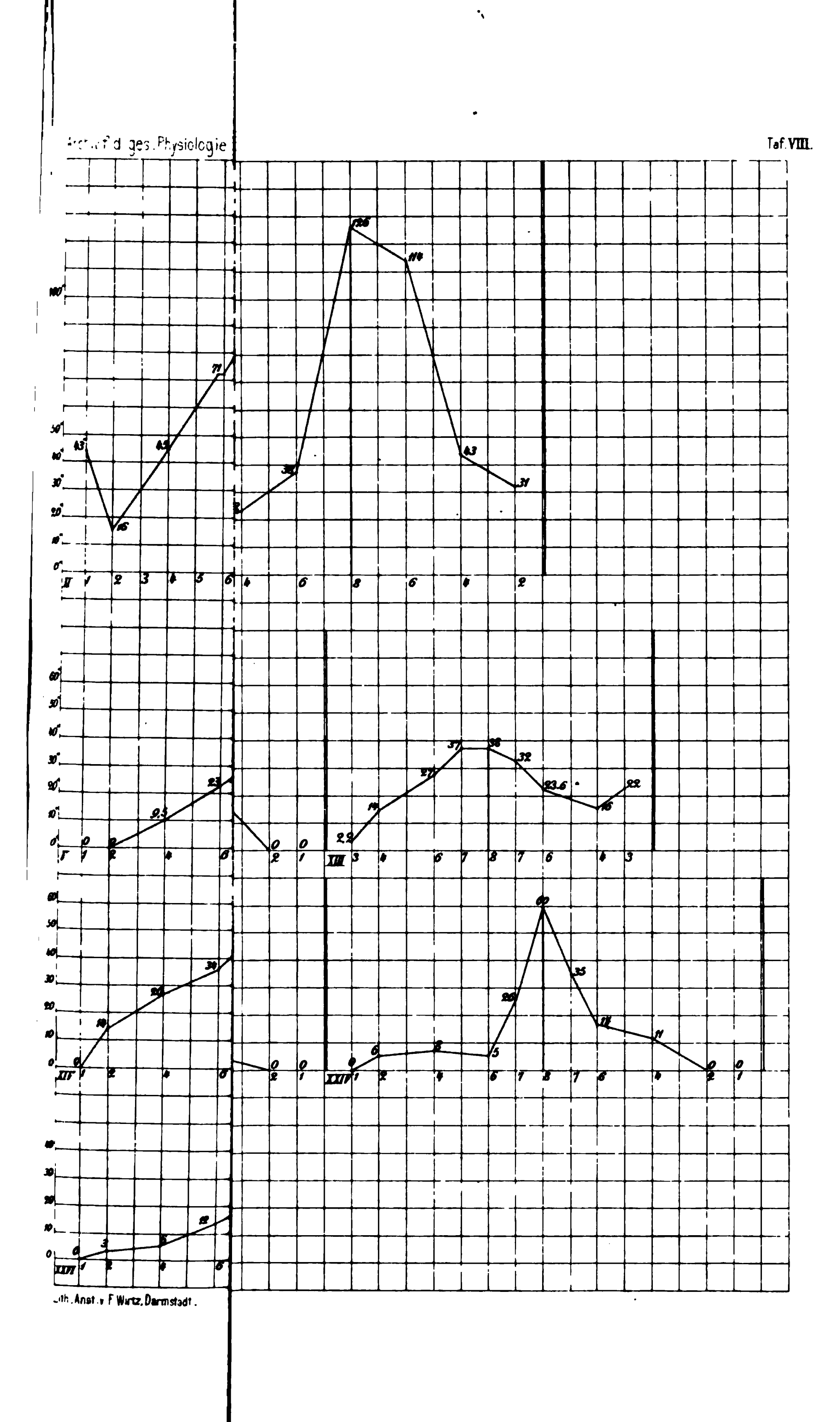
ist, nicht zuschreiben; denn es fehlte an entsprechenden Controlorganen; die Beweiskraft von Heidenhain's Versuchen an den Speicheldrüsen aber habe ich selbst damals wohl genügend betont; in dessen complicirter Versuchsanordnung jedoch schien mir ein wesentlicher Grund so häufigen Misslingens (Rossbach, Nawrocki) zu liegen. Was ich von meinen Versuchen damals hielt, sie seien gleichzeitig die practisch einfachsten wie theoretisch durchsichtigsten, bleibt aber, soviel ich ersehe, auch heute noch voll bestehen. In einer namentlich damals noch so strittigen Angelegenheit war damit gewiss schon Etwas erreicht.

Physiologisches Laboratorium der Thierarzneischule Bern.

Universitäts-Buchdruckerei von Carl Georgi in Bonn.



Lith.Anst.v.F.Wirtz, Darmstadt.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

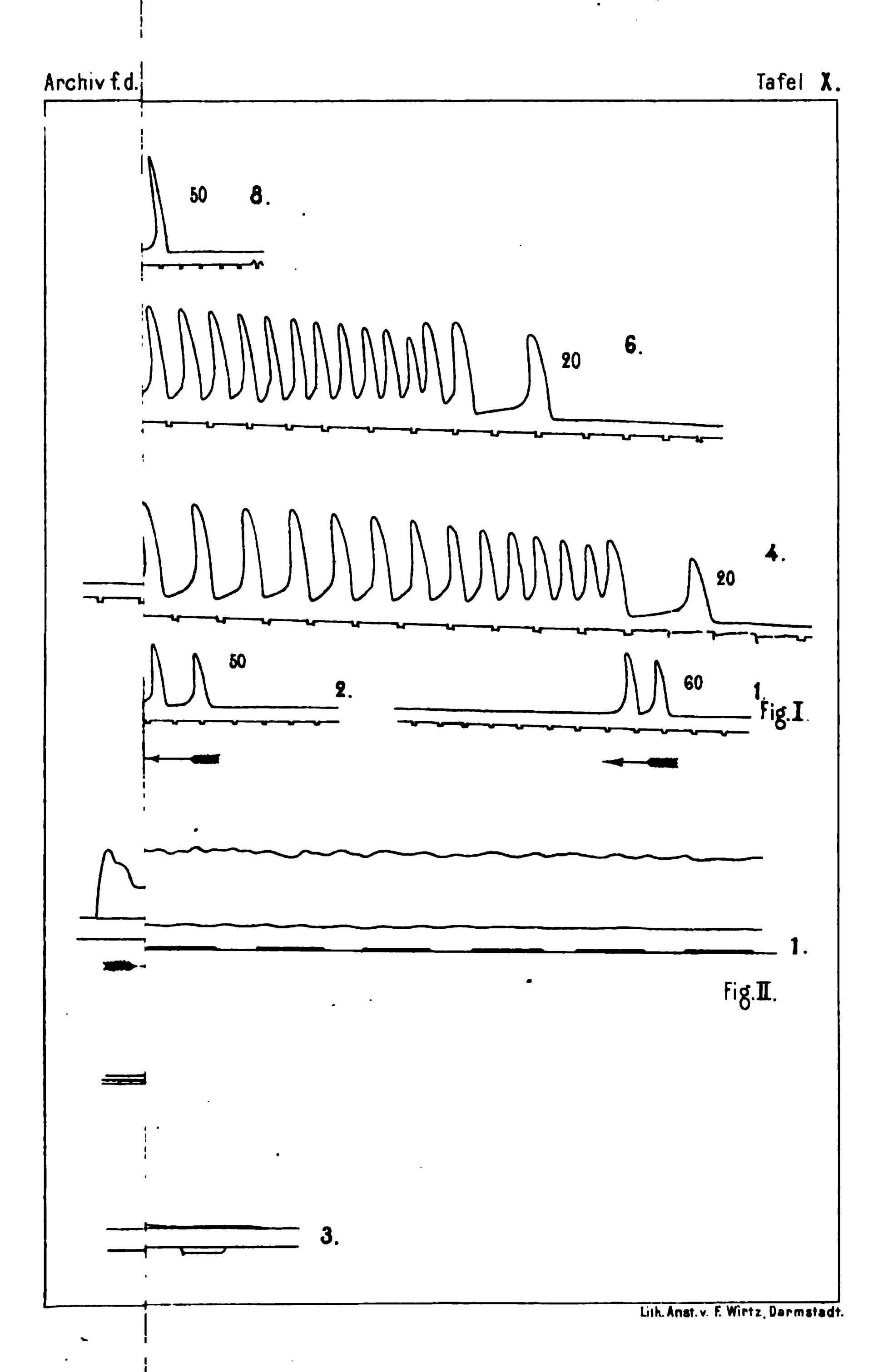
10° 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130

II.

10° 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130

III.

Lith. Anst. v. F. Wirtz. Darmstadt.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

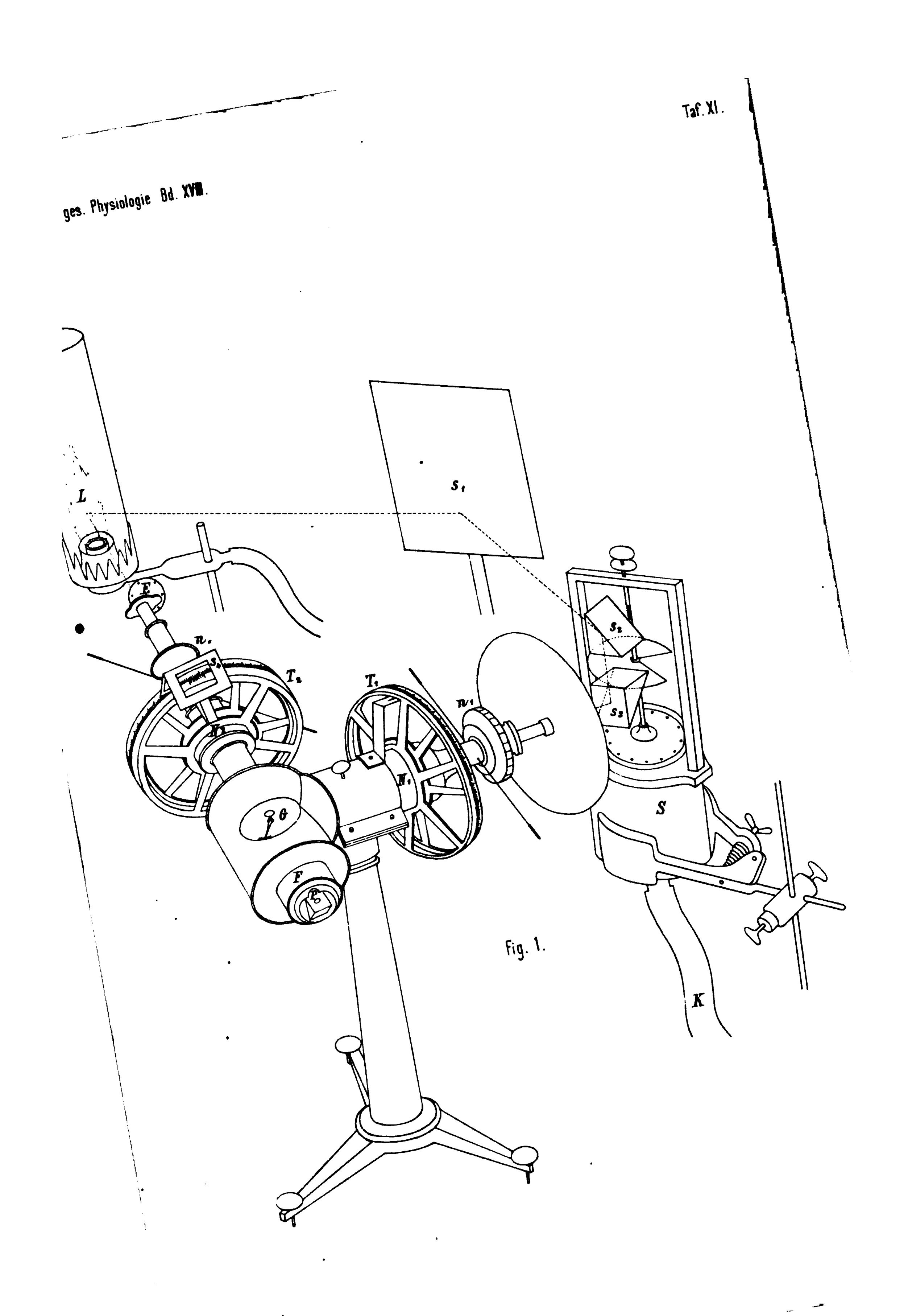


Fig. 1.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

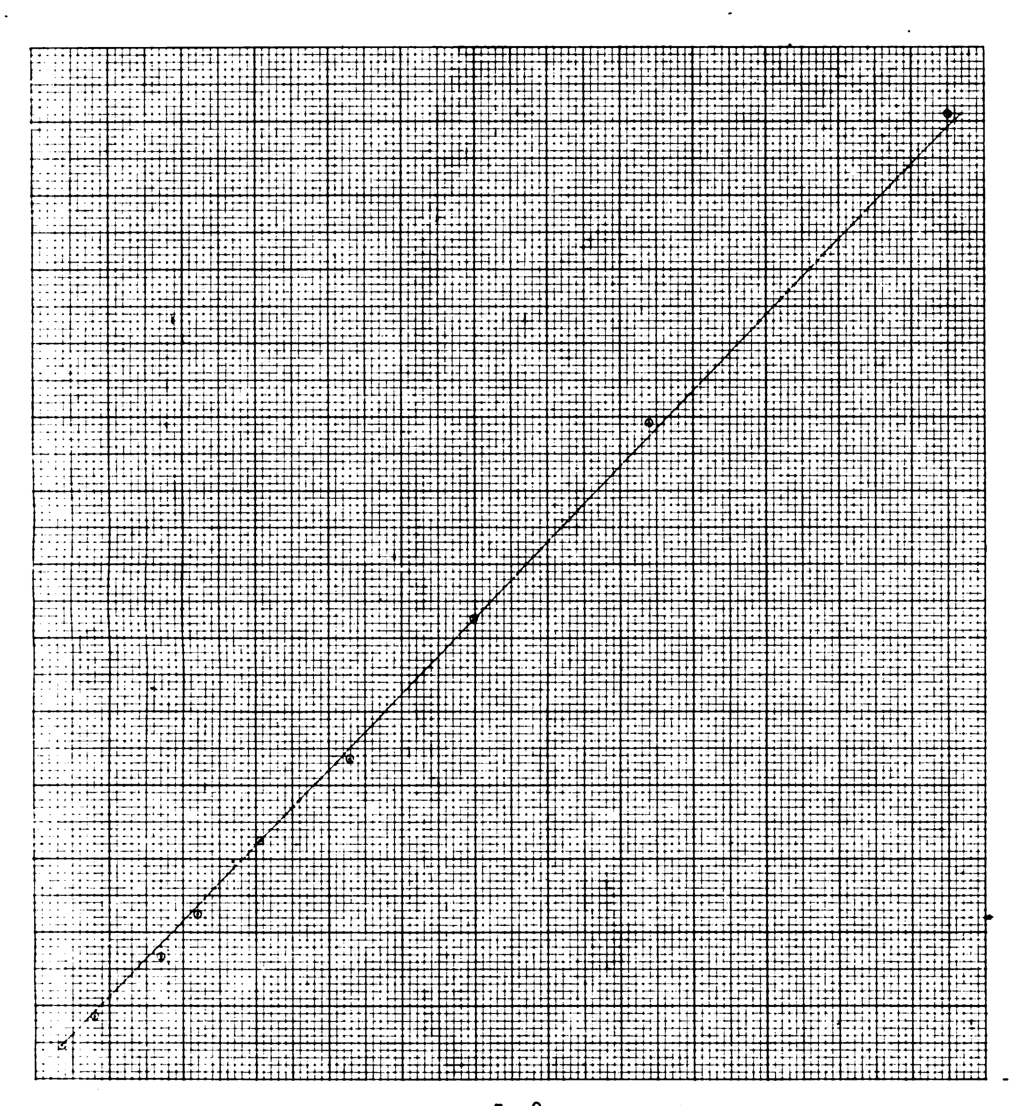
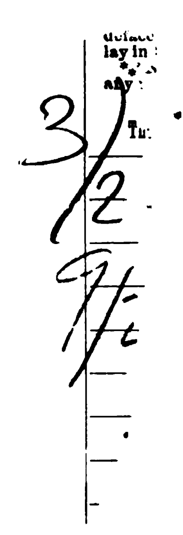
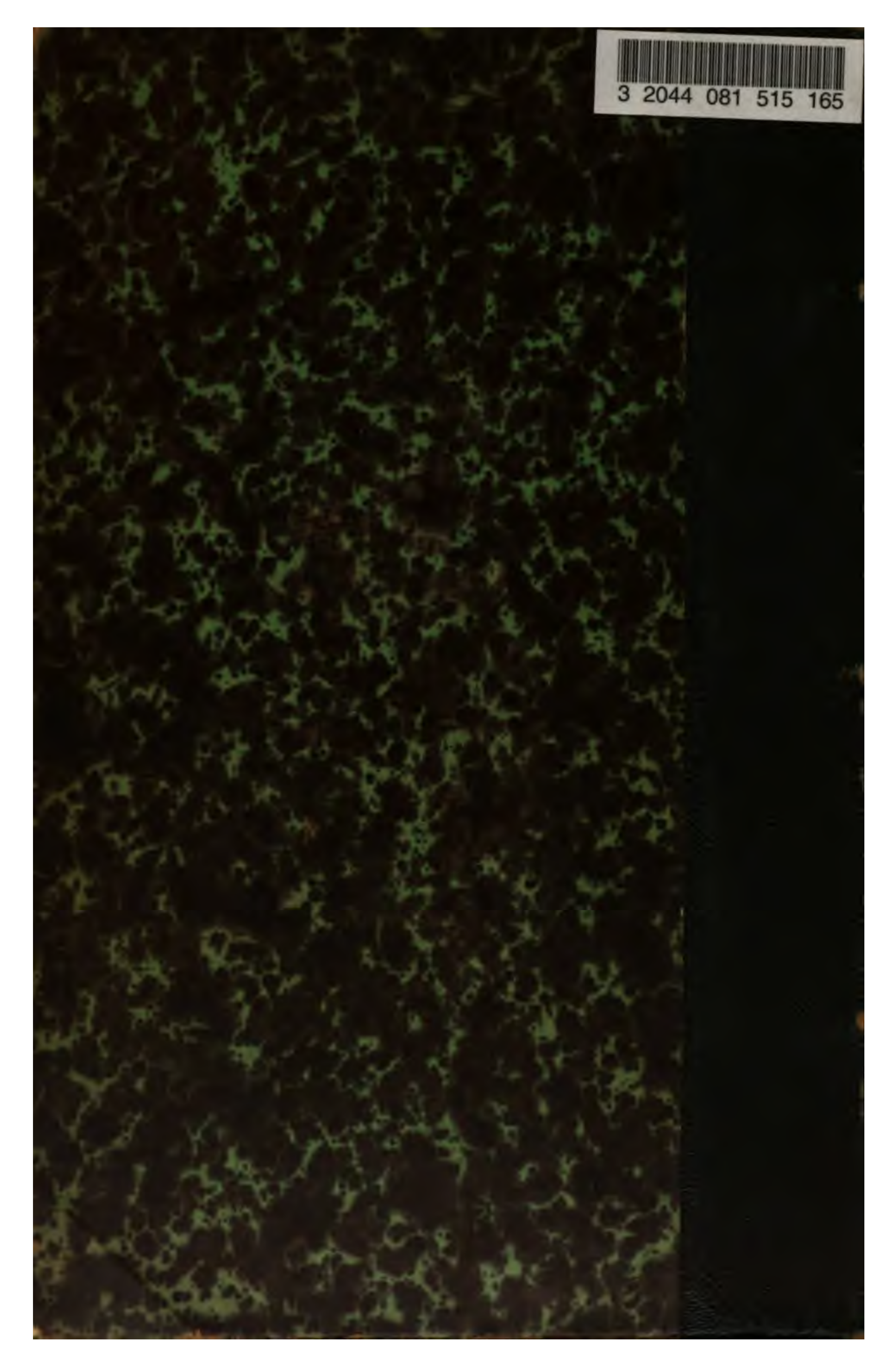


Fig. 2.

... F. Wirtz, Darmstadt






3 2044 081 515 165